

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

طريق الحرير النووي

توطين صناعة تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا الجنوبية

كيم بيونغ-كو

원 자 력 비 단 길

核 之 絲 綢 路

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

أنشـئ مركز الإمـارات للدراسـات والبحوث الاسـتراتيجية في 14 آذار/مارس 1994، بهدف إعداد البحوث والدراسـات الأكاديمية، للقضايا السياسـية والاقتصادية والاجتماعية، المتعلقـة بدولة الإمارات العربيـة المتحدة ومنطقة الخليـج العربي على وجه التحديـد، والعالم العربي وأهم المسـتجدات الراهنة على السـاحة الدوليـة بصفة عامة. ويسـعى المركز لتوفير الوسط الملائم لتبادل الآراء العلمية حول هذه الموضوعات؛ من خلال قيامه بنشر الكتب والبحوث وعقد المؤتمـرات والندوات. كما يأمل مركز الإمارات للدراسـات والبحوث الاسـتراتيجية أن يسهم بشكل فعّـال في دفـع العملية التنمويـة في دولة الإمارات العربية المتحدة.

يعمـل المركز في إطار ثلاثة مجالات هي مجال البحوث والدراسـات، ومجال إعداد الكوادر البحثية وتدريبهـا، ومجال خدمة المجتمـع؛ وذلك من أجل تحقيق أهدافه المتمثلة في تشـجيع البحث العلمي النابع من تطلعـات المجتمـع واحتياجاته، وتنظيم الملتقيـات الفكريـة، ومتابعـة التطـورات العلمية ودراسة انعكاسـاتها، وإعداد الدراسات المستقبلية، وتبني البرامـج التي تدعم تطوير الكـوادر البحثية المواطنـة، والاهتمام بجمـع البيانـات والمعلومات وتوثيقهـا وتخزينهـا وتحليلهـا بالطـرق العلميـة الحديثـة، والتعـاون مع أجهزة الدولة ومؤسسـاتها المختلفة في مجالات الدراسات والبحوث العلمية.

طريق الحرير النووي

توطين صناعة تكنولوجيا
الطاقة النووية في كوريا الجنوبية

محتوى الكتاب لا يعبر بالضرورة عن وجهة نظر المركز

الطبعة الأولى 2012

النسخة العادية ISBN 978-9948-14-577-6
النسخة الفاخرة ISBN 978-9948-14-578-3
النسخة الإلكترونية ISBN 978-9948-14-579-0

توجه جميع المراسلات إلى العنوان الآتي:
مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

ص. ب: 4567
أبوظبي ـ دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: 4044541-9712+
فاكس: 4044542-9712+

E-mail: pubdis@ecssr.ae
Website: http://www.ecssr.ae



مركـز الإمـارات للدراسـات والبحـوث الاستـراتيجيـة

دراسات مترجمة 54

طريق الحرير النووي

توطين صناعة تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا الجنوبية

كيم بيونـغ-كـو

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

أنشئ مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية في 14 آذار/ مارس 1994 بهدف إعداد البحوث والدراسات الأكاديمية للقضايا السياسية والاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بدولة الإمارات العربية المتحدة ومنطقة الخليج والعالم العربي. ويسعى المركز لتوفير الوسط الملائم لتبادل الآراء العلمية حول هذه الموضوعات؛ من خلال قيامه بنشر الكتب والبحوث وعقد المؤتمرات والندوات. كما يأمل مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية أن يسهم بشكل فعّال في دفع العملية التنموية في دولة الإمارات العربية المتحدة.

يعمل المركز في إطار ثلاثة مجالات هي مجال البحوث والدراسات، ومجال إعداد الكوادر البحثية وتدريبها، ومجال خدمة المجتمع؛ وذلك من أجل تحقيق أهدافه المتمثلة في تشجيع البحث العلمي النابع من تطلعات المجتمع واحتياجاته، وتنظيم الملتقيات الفكرية، ومتابعة التطورات العلمية ودراسة انعكاساتها، وإعداد الدراسات المستقبلية، وتبني البرامج التي تدعم تطوير الكوادر البحثية المواطنة، والاهتمام بجمع البيانات والمعلومات وتوثيقها وتخزينها وتحليلها بالطرائق العلمية الحديثة، والتعاون مع أجهزة الدولة ومؤسساتها المختلفة في مجالات الدراسات والبحوث العلمية.

المحتويات

الخريطة النووية لكوريا 7
خريطة دايدوك إنابوليس – واحة التكنولوجيا النووية 8
خريطة محطات الطاقة النووية في دول طريق الحرير (2010) 9
التسلسل التاريخي لتكنولوجيا محطات الطاقة النووية في كوريا 10
طريقة كتابة الأسماء الكورية 11
تقديم 15
شكر وتقدير 19
تمهيد 23

القسم الأول: التكنولوجيا قبل السياسة

الفصل الأول: «إغلاق» معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري 29
الفصل الثاني: البدائل 43
الفصل الثالث: المنقذون 59
الفصل الرابع: مُصمم النظام 91
الفصل الخامس: أفضل موجِّه 103
الفصل السادس: هزّات ارتدادية 121
الفصل السابع: دروس مستفادة بجهود مضنية 131

القسم الثاني: معرفة كيف ومعرفة لماذا

الفصل الثامن: سنوات التكوين 149

الفصل التاسع: توحيد المعايير والمواصفات 165

الفصل العاشر: «الحجاج» الكوريون 187

الفصل الحادي عشر: التصميم المشترك 207

الفصل الثاني عشر: متاعب متزايدة 229

الفصل الثالث عشر: مفاعلات الجيل التالي 245

الفصل الرابع عشر: قصة مفاعل البحوث 279

الخاتمة: على طريق الحرير النووي 289

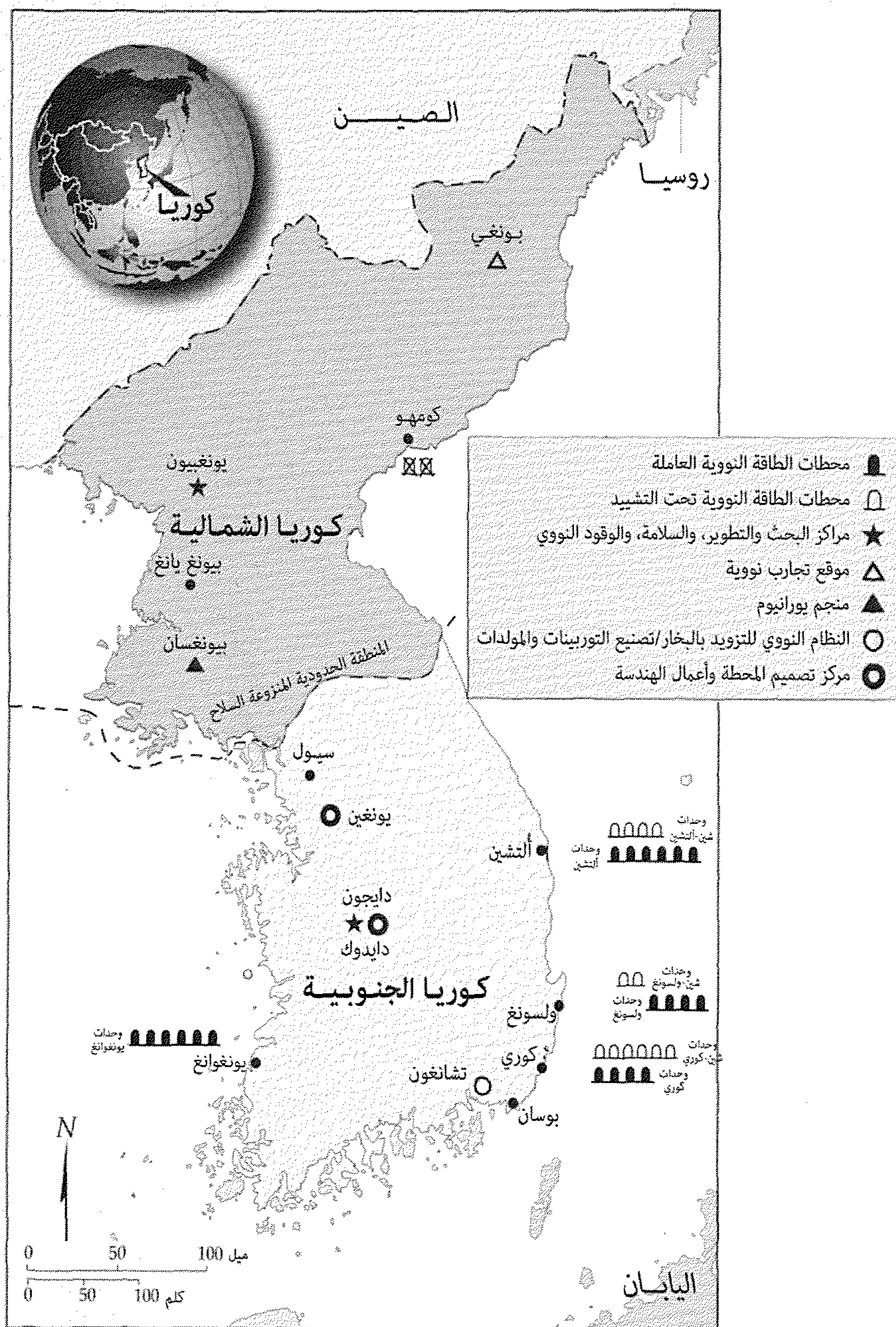
خاتمة إضافية: مراجعات ما بعد حادثة فوكوشيما 295

الملاحق 307

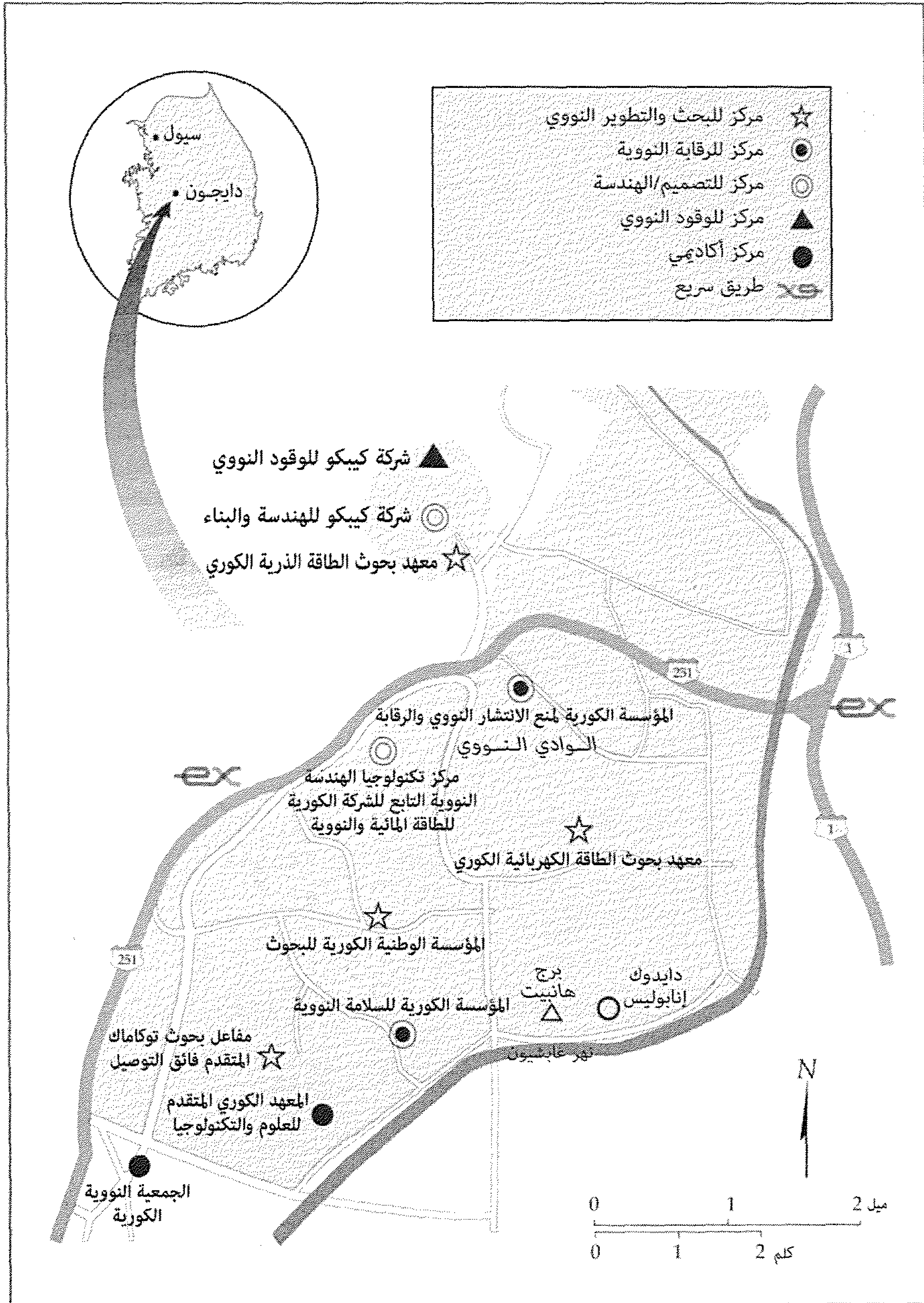
الهوامش 331

المراجع 339

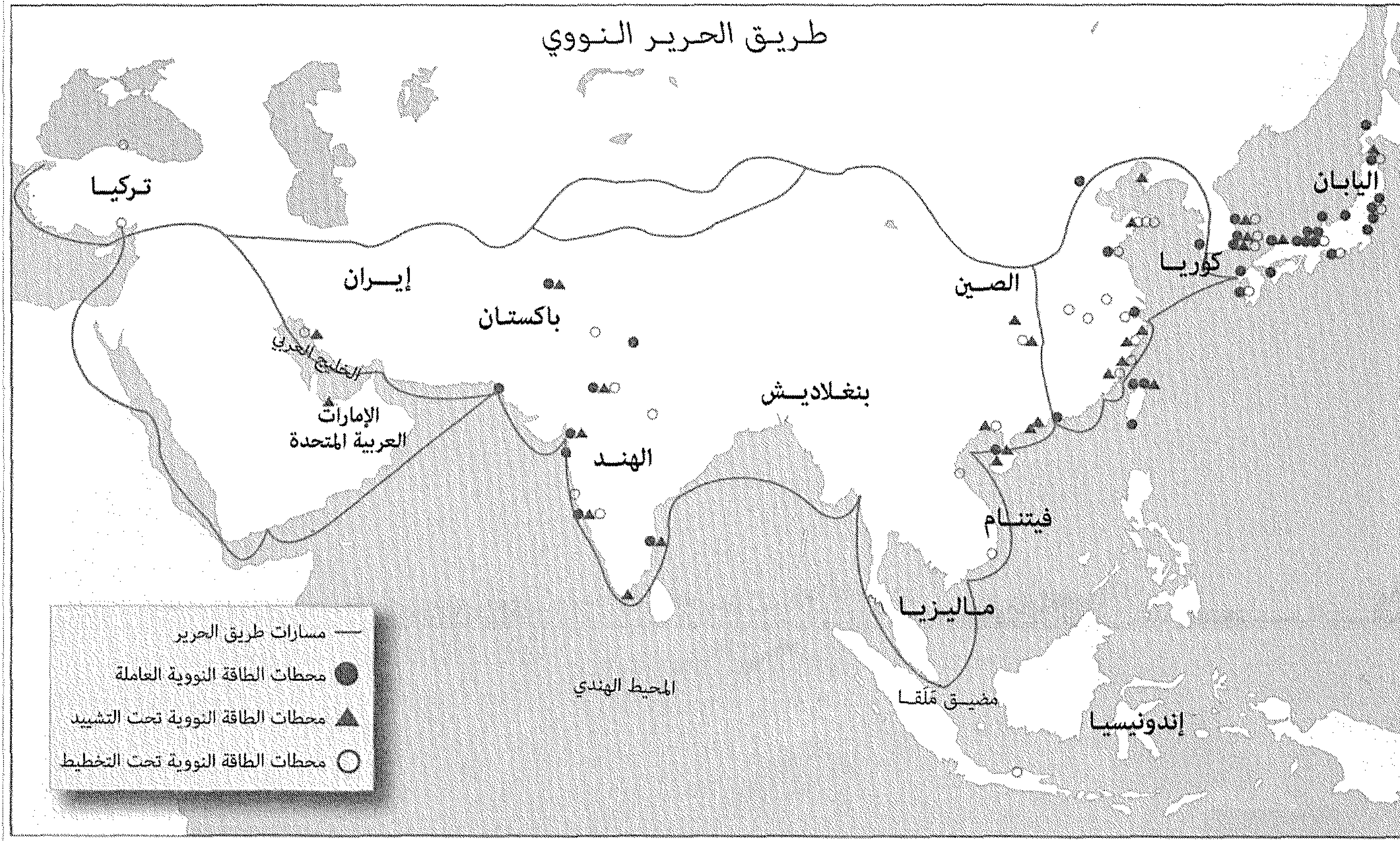
نبذة عن المؤلف 344



الخريطة النووية لكوريا

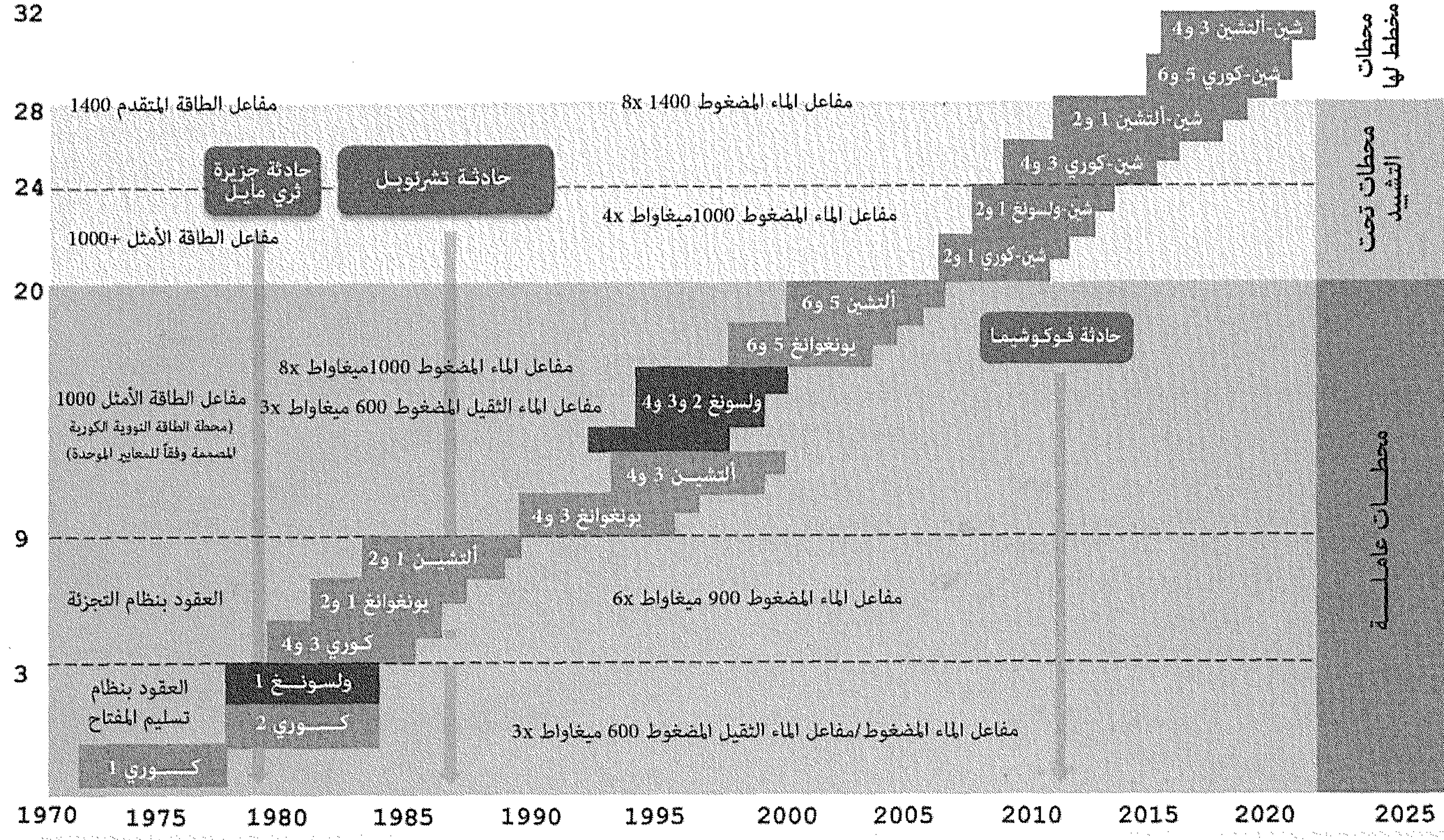


خريطة دايدوك إنابوليس – واحة التكنولوجيا النووية



خريطة محطات الطاقة النووية في دول طريق الحرير (2010)

التسلسل التاريخي لتكنولوجيا محطات الطاقة النووية في كوريا



طريقة كتابة الأسماء الكورية

يمكن كتابة الأسماء الكورية الشخصية بطريقة مختلفة باللغة الإنجليزية. ومن أجل الاتساق في طريقة كتابة الأسماء، اعتمد هذا الكتاب على الطريقة التالية: إيراد الاسم الأخير أولاً، يليه الاسم الأول، وإذا كان الاسم الأول ذا مقطعين توضع علامة «-» للفصل بين مقطعيه؛ مثال: رِي سينغمان، كيم بيونغ-كو.

توجد في كوريا الجنوبية 32 محطة طاقة نووية عاملة أو تحت التشييد، تقع في سبعة مواقع نووية مختلفة، ثلاثة مواقع منها تبدأ أسماؤها ببادئة «شين» (تعني «جديد» باللغة الكورية)، وهي تقع بالقرب من المواقع القائمة. وتُكتب أسماء مواقع محطات ووحدات الطاقة النووية (الاختصارات بين الأقواس) هكذا:

وحدات كوري 1 و 2	Kori Units 1&2 (KORI 1&2)
وحدات شين-كوري 1 و 2	Shin-Kori Units 1&2 (SKN 1&2)
وحدات ولسونغ 1 و 2	Wolsong Units 1&2 (WSN 1&2)
وحدات شين-ولسونغ 1 و 2	Shin-Wolsong Units 1&2 (SWN 1&2)
وحدات أُلتشين 1 و 2	Ulchin Units 1&2 (UCN 1&2)
وحدات شين-أُلتشين 1 و 2	Shin-Ulchin Units 1&2 (SUN 1&2)
وحدات يونغوانغ 1 و 2	Yonggwang Units 1&2 (YGN 1&2)

أما مشروع يونغوانغ 3 و 4 (Yonggwang 3&4)، الذي يمثل الموضوع الرئيسي لهذا الكتاب، فإننا نرمز له بالحروف (YGN) في جميع فصول الكتاب.

إن العديد من المراجع الوارد ذكرها في هذه الكتاب مكتوب باللغة الكورية، ولا يوجد لأي منها نسخة باللغة الإنجليزية، فترجمنا ما اقتبسناه منها إلى اللغة الإنجليزية. وفي حال مشاركة عدد كبير من المساهمين في تأليف المرجع، نورد اسم المحرر باعتباره المؤلف.

نبراس الشرق

في العصر الذهبي بآسيا
كانت كوريا واحدة من حَمَلة مشعلها
ينتظر الآن المشعل من يوقده ثانية
ليضيء الشرق

رابندرانات طاغور، 1929

(شاعر بنغالي، أول مواطن آسيوي يحصل على جائزة نوبل في الآداب، 1913)

تقديم

هذا الكتاب موجَّه إلى القراء الأجانب الذين قـد يرغبـون في اكتـساب فهـم أفـضل لقصة نجاح كوريا الجنوبية في مـضمار الـصناعة النوويـة. إن نبـأ حـصول الكونـسورتيوم الكوري الجنوبي في عام 2009 على عقد لبناء محطة للطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة قد شكّل سبباً مقنعاً للكاتب ليؤلف هذا الكتاب. وإن كوريا الجنوبية تقـف مثـالاً ساطعاً لكيفية تـضافر قـوة التكنولوجيـا وخيـال القـادة أولاً لتحقيـق التنميـة المـستدامة باستخدام الطاقة النووية لتلبية الاحتياجات المحلية للكهرباء، ثم دخول أسواق التصدير.

إن عملية توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا؛ بـدءاً مـن التـصميم، ومـروراً بالتصنيع والبناء والتشغيل والصيانة وتصنيع الوقود، ووصولاً إلى تشييد بنية تحتية للرقابة على السلامة في فترة قصيرة نسبياً - تمثل نجاحاً جديراً بالملاحظة. يقدّم هذا الكتاب نظـرة من الداخل لعملية توطين تكنولوجيا الطاقة النووية الكورية. لقد كانـت كوريـا الجنوبيـة محظوظة، إذ كان كبار قادتها السياسيين يدعمون سياسات الطاقـة النوويـة باسـتمرار مـن خلال التزامهم الشخصي بإنتاج الطاقة النووية في كوريا التـي تفتقـر إلى مـصادر الطاقـة. ويوجد وصف مفصّل للّحظات الحرجـة في ثمانينيـات القـرن العـشرين عنـدما سـارعت الدولة إلى تنفيذ السياسة الوطنية للاعتماد على الذات في مجال تقنية محطات الوقود النـووي بإنشاء وحدات يونغوانغ 3 و4. وأصبحت هذه الوحدات النموذج المعياري لما تلاها مـن المفاعلات التي تم تشييدها وتشغيلها في كوريا وفقاً للمعايير الموحدة. لقد بدأت العمليـة كلها بتوطين كوادر معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، والذي هو بمنزلـة مختـبر وطنـي للبحوث النووية، الذي يوفر القـوة البـشرية الفنيـة، وشركـة الكهربـاء المملوكـة للدولـة (كيبكو) التي توفر الإشراف الإداري والتمويل اللازم للبناء وكذلك لنقـل التكنولوجيـا. فقد استطاعت هاتان الجهتان وضع مشروع فريد للتغلب على الـنقص في القـوى العاملـة

المتمرسة، فضلاً عن قيود الوقت والميزانية السائدة في أي دولة نامية. ومن خلال مشاريع المفاعلات النووية المتكررة والمصمَّمة وفقاً للمعايير الموحدة في تسعينيات القرن العشرين، اكتسبت الكوادر الكورية المهارة الفنية من الموجِّهين الأمريكيين. ثم انتقلت هذا الكوادر لتتعلم بنفسها الأسباب والمبررات وراء صناعة الجيل الجديد من تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط المتقدمة، والتي تتمتع بمستوى سلامة واقتصاديات أعلى، من أجل التنافس في السوق العالمية.

أعتقد أن الكاتب يمتلك مؤهلات فريدة لرواية القصة النووية في كوريا. فبوصفه مدير أول مشروع لتصميم أول نظام مفاعل نووي خلال فترة ثمانينيات القرن العشرين الحاسمة، كان واحداً من الفاعلين الرئيسيين في الحملة الكورية للاعتماد على الذات. وانتقل الكاتب بعد ذلك للعمل موظفاً مدنياً دولياً في الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وقد اكتسب الكاتب خبرة ورؤى واسعة حول احتياجات الدول النامية، من خلال عمله بالوكالة مديراً للتعاون التقني، حيث كان مسؤولاً عن تقديم المساعدة للعديد من الدول النامية التي ترغب في امتلاك تكنولوجيات الطاقة النووية.

تجسّد شبه الجزيرة الكورية اليوم أقصى حالات الانقسام الثنائي النووي التي يمثل كل منها نقيض الآخر؛ فمنذ سبعينيات القرن العشرين استمرت كوريا الجنوبية في حملتها الوطنية من أجل الاستخدامات السلمية للطاقة النووية، بالتركيز أولاً على بناء محطات للطاقة النووية، وامتلاك التكنولوجيا المرتبطة بسياسة الاعتماد على الذات. أما كوريا الشمالية فقد سارت في الاتجاه المعاكس، وطورت أسلحة نووية قادرة على إحداث دمار شامل. واليوم تُرِك النصف الشمالي من شبه الجزيرة الكورية يعيش في الظلام والعزلة، ويزعزع الأمن الإقليمي، ويدمر حياة شعبه.

إن النهضة النووية في آسيا اليوم أكثر وضوحاً مما هي في المناطق الأخرى؛ فالصين والهند ودولة الإمارات العربية المتحدة تربط الشرق الأقصى (اليابان وكوريا) بالشرق الأوسط، مغطّية المنطقة نفسها التي كان يغطيها طريق الحرير القديم في عهدٍ مضى.

وسوف تظل قاطرة الاقتصاد العالمي تقودها الاقتصادات الصاعدة التي يتزايد طلبها على الكهرباء النظيفة أكثر فأكثر، وتتفوق على الاقتصادات المتقدمة في سرعة نموها بأربعة أضعاف في المستقبل المنظور. ويجب على المجتمع النووي الدولي أن يقدم المساعدة والتسهيلات للنهضة النووية الآسيوية، وأن يساعد في ضمان تطبيق المعايير الدولية الخاصة بالسلامة والأمن النوويّين، ومنع الانتشار النووي في مجال البحوث، وفي القطاع الصناعي، وفي التجارة، وعلى أعلى مستويات صنع السياسات. إنني أهنئ مؤلف هذا الكتاب وزملاءه الرواد الكوريين على العمل المهني المتميز والمتفاني الذي أنجزوه. وأعتقد أن الدروس المستفادة من التجربة الكورية ستكون مفيدة لجميع قراء هذا الكتاب المهتمين.

هانز بليكس

[المدير العام الأسبق للوكالة الدولية للطاقة الذرية،
ورئيس لجنة «إنموفيك» في العراق قبل عام 2003]

شكر وتقدير

أهدي هذا الكتاب إلى الأبطال المجهولين الذين حملوا عبء توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا، ووهبوا حياتهم من أجل تحقيق الحلم المستحيل. وفي أثناء كتابة هذه السطور شعرت بالتواضع عندما اكتشفت آلاف الأسماء ومساهماتها؛ من معاهد البحوث، ومؤسسات الصناعات، ومجالس الرقابة، والدوائر الأكاديمية، والوزارات الحكومية خلال نصف القرن الماضي، لكنني لم أورد سوى أسماء القليل منهم في هذا الكتاب.

إنني ممتن لكوني تشرّفت بالعمل مديراً لأحد المجالات الرئيسية في تكنولوجيا محطات الطاقة النووية؛ مجال تصميم نظم المفاعلات، مع فريق من المهندسين والفنيين من كلا جانبي المحيط الهادي. وبعد انتقالي إلى الساحة الدولية للعمل في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، كان أصدقائي من مختلف أنحاء العالم، الذين كانوا يرغبون حقاً في إقامة بنية تحتية للطاقة النووية في بلدانهم، كثيراً ما يطرحون عليّ سؤالاً أثار حيرتي، وهو: «هل يمكن، من فضلك، أن توضح لنا كيف نجحتم أيها الكوريون في إنتاج الطاقة النووية؟». أتمنى صادقاً أن يرضي هذا الكتاب بعض فضولهم، وأن يساعدهم على إدراك أن ما حققناه ليس «معجزة»، بل نتاج كثير من «العرق والدموع»، وما لا يحصى من الآلام المبرحة والخلافات الداخلية المريرة. إن بلادي تنعم بموارد بشرية شاركت في عملية توطين التكنولوجيا النووية، وبدعم متواصل من أعلى الهرم الحكومي.

خلال مرحلة جمع البيانات الأولية عن تاريخ ما حدث في كوريا، كنت محظوظاً حينها بالعيش في منزلي القديم الذي يقع في قلب واحة التكنولوجيا النووية، مدينة دايدوك إنابوليس Daedeok Innopolis، وذلك بعد تقاعدي من العمل في الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA). وبفضل قربي الجغرافي من معظم المراكز النووية الرئيسية، ومن معارفي

القُدامى، استفدت كثيراً باستكشاف الوقائع الدقيقة لمسيرة برنامج الاكتفاء الذاتي في مجال التكنولوجيا النووية من خلال المئات من التقارير والوثائق الداخلية. كما أن المقابلات المباشرة مع الفاعلين الرئيسيين الذين مازالوا على قيد الحياة في كوريا والولايات المتحدة الأمريكية مثَّلت تجارب مثمرة لي، حيث مكنتني من استرجاع الماضي بمنظور صحيح. إن هدفي من تأليف هذا الكتاب هو إبراز الصورة الصحيحة الكاملة (بالمعنى الجيد لضمانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية) لعملية توطين التكنولوجي النووية في كوريا، دون أن أشتت اهتمام القارئ. وأريد أن يكون هذا الكتاب توثيقاً واقعياً لتاريخ الطاقة النووية يستفيد منه القراء بصفة عامة، ولا أقصد منه أن يكون كتاباً فنياً للمتخصصين في الطاقة النووية. وبالرغم من كل الجهود التي بذلتها ليكون الكتاب دقيقاً ومكتملاً ما أمكن، فقد يكون هناك بعض أوجه القصور والأخطاء التي لا تقع مسؤوليتها على أحد سواي. وسأكون ممتناً لإفادتي بأي أخطاء عبر بريدي الإلكتروني bkkim9@gmail.com، حتى يمكن تلافيها في الطبعة المقبلة.

إنني مَدين لأصدقائي وزملائي القدامى في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، والمؤسسة الكورية للسلامة النووية، وشركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو)، وشركة كيبكو للهندسة والبناء، وشركة دوسان، وشركة وستنجهاوس (كومبسشن إنجنيرينغ القديمة)، ووزارات كوريا الجنوبية لمساهماتهم ونصائحهم القيمة. وأزجي شكري الخاص إلى كل من يون يونغ-كو، ولي هاي، وريم تشانغ-ساينغ، وتشانغ إن-سون، وكيم دك-سيونغ، ولي تشانغ-كون، وكيم سي-هوان، وتشوي تشانج-أونغ، وهان كي-إن، ولي بيونغ-ريونغ، ولي إيك-هوان، وتشوي سوهن، وسون جاب-هيون، وتشو كوانغ-هي، وبارك جونغ-كي، وليم هان-كواي، وريه تشونغ-هون، وجيون جاي-بونغ، وبارك يونغ-تايك، وروه إيون-راي، وسوه سوك-تشون، وتشانغ سون-هيونغ، وكيم جونغ-هيون، ولي سونغ-هيوك، ولي سونغ-كو، وكيم سيه-جونغ، وتشونغ تشونغ-وون؛ لما قدموه لي من تشجيع ومساهمة شخصية كبيرة. ومن الجانب الأمريكي، فقد قدّم لي جيم كروفورد، وتوم ناتان، وريغيس ماتزي، ومارك كرمب، وروبرت إس لي (الذي وافته

المنية في أثناء تأليف هذا الكتاب) آراءهم السديدة والمتوازنة. كما أتقدم بشكر خاص لكين روهدي الذي عرَّفني على العالَم الجديد للنشر الذاتي؛ شركة «كرييت سبيس» CreateSpace التابعة لشركة أمازون Amazon.com، التي أغنتني عن الحاجة إلى إيجاد وكيل للنشر. ولكن الأهم من ذلك كله هو أنني ما كنت لأستطيع إنهاء هذا الكتاب لولا هان بيل-سون، وكانغ باك-كوانغ، وجيم فيرس، وشيم تشانغ-ساينغ، ونام جانغ-سو الذين استقطعوا من وقتهم وجهدهم الشخصي لمراجعة مسودة الكتاب وتصحيحها. لقد كانوا لي مصدر إلهام مستمراً طوال فترة تأليف هذا الكتاب. كما أن الدعم الأسري، الذي قدمه لي عمّاي سي جي وواي جي وبالطبع زوجتي العزيزة لوسيا، كان مهماً للغاية، ومحفزاً لي على الاستمرار في الكتابة، وعدم الاستسلام والتخلي عن مشروع الكتاب.

تمهيد

إن الغرض من تأليف كتاب **طريق الحرير النووي** هو تعريف العالم الخارجي بتاريخ تطور برنامج الطاقة النووية الكوري، كما حدث خلال سنوات تكوينه العشرين التي استمرت من 1975 إلى 1995، وذلك من وجهة نظر أحد المطّلعين على بواطن الأمور. فقد كان عام 1975 هو العام الذي أنهت فيه كوريا الجنوبية رسمياً برنامجها الخاص بدورة الوقود النووي الذي لم يدم طويلاً، والعام نفسه الذي دخلت فيه معاهدة منع الانتشار النووي (NPT) حيز التنفيذ الكامل، في إشارة إلى بداية عهد جديد تُستخدَم فيه الطاقة النووية لأغراض سلمية. وكان عام 1995 أيضاً عاماً تاريخياً، حين بدأ التشغيل التجاري لوحدات الطاقة النووية الكورية الأولى المصمَّمة وفقاً للمعايير الموحدة، وهي وحدات يونغوانغ 3 و 4 (YGN)، بالترافق مع تحقيق هدف الاعتماد على الذات في المجال التقني، ما سمح بإعادة تحويل جميع مشاريع الطاقة النووية من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى القطاع الصناعي.

ومع ذلك، من الضروري أن نفهم خلفية البرنامج النووي الذي بدأ منذ أواخر خمسينيات القرن العشرين تحت رعاية الرئيس الأول رِي سينغمان. لقد كان الرئيس سينغمان رجل دولة، ومناضلاً دائماً في حركة الاستقلال المناهضة للاحتلال الياباني، ثم تحول إلى محارب شرس ضد الشيوعية منذ إقامة الجمهورية الأولى في عام 1948. وقد كانت للرئيس سينغمان رؤية خاصة بشأن الطاقة النووية عندما كانت البلاد ماتزال في طور التعافي من الحرب الكورية المدمرة (1950-1953)، حيث أوجد البنية الأساسية النووية داخل الحكومة. وتم إصدار سلسلة من القوانين الخاصة بالطاقة الذرية، كما تم إنشاء مكتب الطاقة الذرية الذي يتبع مباشرة للرئيس ومعهد بحوث الطاقة الذرية (الذي أصبح معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لاحقاً) في عام 1959. إضافة إلى ذلك، تم إنشاء

مفاعل صغير للبحوث، تريغا مارك-2 (وهو مفاعل للتدريب في مجال بحوث النظائر) في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في العام نفسه. لقد كانت تلك خطوة حكيمة من رجل الدولة العجوز، بالنظر إلى الوضع الاقتصادي الكوري في ذلك الوقت، حيث كان متوسط دخل الفرد أقل من مئة دولار أمريكي. وفي عامي 1958/ 1959 تم إنشاء أقسام للهندسة النووية في أبرز الجامعات الوطنية المرموقة (جامعة هانيانغ وجامعة سيول الوطنية، على التوالي)، ما جذب إليهما ألمع الطلاب من خريجي المدارس الثانوية. كان العقدان الأوّلان يمثلان فترة نثر بذور العلوم النووية الأساسية في كوريا، بريادة مفاعلات التدريب في مجال بحوث النظائر «تريغا» التي أُنشئت حديثاً في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ما وفّر المستلزمات الأساسية في حقل الطاقة النووية، ألا وهو: تطوير الموارد البشرية.

لقد تم اتخاذ القرار لبناء أول محطة للطاقة النووية في البلاد، وحدة كوري 1، في عام 1968، وقد أُوكل تنفيذ المشروع للشركة الأمريكية وستنجهاوس Westinghouse وفق صيغة تسليم المفتاح بالكامل، وبدأ تشغيله التجاري في عام 1978. وعندما تم إلغاء برنامج الوقود النووي، وأحدث ذلك الإلغاء مزيداً من الإرباك والإحباط بين الموظفين، بدأ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يدخل في مشاريع تجارية متصلة بالطاقة النووية. ثم جاء وقت العمل الجاد لتوطين تكنولوجيا الطاقة النووية الأساسية في ثمانينيات القرن العشرين، غير أن البنية التحتية في كوريا الجنوبية كانت تنطوي على أسباب الفشل؛ وهي على سبيل المثال لا الحصر: نقص القوة البشرية المتمرسة، وعدم توافر الأموال، وعدم توافر الوقت للتطوير من مرحلة الصفر. كانت قصة «المعجزة الكورية» على وشك التبلور عندما تضافرت القوة العقلية لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مع القوة الإدارية لشركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو) لأول مرة. لقد بدأت كل العملية بإنشاء شركة هندسية معمارية (أصبحت تعرف لاحقاً باسم الشركة الكورية لهندسة الطاقة – كوبيك KOPEC) وإجراء دراسة جدوى لمشاريع توطين الوقود النووي في أواخر سبعينيات القرن العشرين. كان الهدف الأوّلي هو أنواع الوقود النووي التي تستخدم في مفاعلات

الماء المضغوط، وفي المفاعل الكندي الذي يعمل بالديوتريوم-اليورانيوم. والمحاولة الأولى التي قام بها العلماء والمهندسون الكوريون لتحقيق الاعتماد الذاتي الكامل في تقنيات الطاقة النووية لم تأتِ دون حدث تاريخي آخر في ثمانينيات القرن العشرين، مكتنفة في ثنايا الاضطراب السياسي الذي عمّ البلاد.

ينقسم هذا الكتاب إلى قسمين؛ القسم الأول: التكنولوجيا قبل السياسة، يركز على التاريخ الفريد لعملية تشييد البنية التحتية النووية، ويتمحور حول بداية مشروع وحدات يونغوانغ 3 و4 (YGN) في ثمانينيات القرن العشرين، عندما انصب التركيز على تحقيق هدف الاعتماد الذاتي في المجال التقني بالتزامن مع مشروع إنشاء محطة جديدة للطاقة النووية. لقد وقعت سلسلة من الأحداث الدرامية، بدءاً من حادثة «إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري» إلى اختيار الشريك التكنولوجي، شركة كومبسشن إنجنيرينغ Combustion Engineering-CE، ثم الهزات الارتدادية التي لم يكن هناك أي استعدادات لها، ثم الدروس المستفادة بجهود مضنية، بما في ذلك التحركات المناهضة للطاقة النووية ومشروع كوريا الشمالية «كيدو» KEDO (منظمة تنمية الطاقة في شبه الجزيرة الكورية). ونكشف النقاب في هذا القسم عما بدا «معجزة» سمحت للتوصيات الفنية بأن تملي النتيجة النهائية لقرار سياسي بطبيعته يتعلق باختيار الشريك التكنولوجي. أما القسم الثاني: معرفة كيف ومعرفة لماذا، فإنه يركز على كيفية تنفيذ عملية الاعتماد على الذات في المجال التقني فور هدوء الوضع السياسي. ويورد القسم لمحة عن سنوات التكوين السابقة لمشروع يونغوانغ 3 و4، بهدف مساعدة القرّاء على فهم التربة الخصبة التي مهدت لمشروع دراسة توحيد المعايير الصناعية. ويقدم القسم وصفاً مفصلاً لنقل التكنولوجيا من شركة كومبسشن إنجنيرينغ بطريقة التصميم المشترك، وما تبعها من صعوبات متزايدة في إقامة نظام رقابي وطني لضمان السلامة النووية، وإقامة مشروع يونغوانغ 3 و4. وبالمضي قدماً في إنشاء أسطول من محطات الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة، كانت جهود تطوير الجيل التالي من المفاعلات تسير بقوة نحو تصنيع مفاعل الجيل الثالث APR1400، الذي تم تصديره إلى دولة الإمارات العربية

المتحدة. إنه من قبيل المصادفة التاريخية أن النهضة النووية في الدول الآسيوية، خصوصاً الصين والهند ودولة الإمارات، ستربط حتماً بين مسارات طريق الحرير القديم؛ من كوريا في الشرق الأقصى إلى دول الشرق الأوسط، بطائرات الشحن وطائرات الجامبو العملاقة، بدلاً من الجمال والخيول.

لقد وقع حادث مأساوي في محطات فوكوشيما النووية بشمال اليابان عقب الزلزال العنيف الذي ضرب المنطقة وما تبعه من موجات المد العاتية (تسونامي) في 11 مارس 2011، عندما كان هذا الكتاب على وشك الطباعة لكي يُنشر. وقد أسفرت تلك الحادثة عن انبعاث كميات كبيرة من الإشعاع في البيئة المحيطة، لم تفقها في التاريخ سوى كارثة تشرنوبل (بلغ مستواها 7 على المقياس الدولي للحوادث النووية والإشعاعية الخاص بالوكالة الدولية للطاقة الذرية)، فضلاً عن فقدان أربع وحدات طاقة نووية بالكامل في محطة فوكوشيما دايتشي (فوكوشيما 1). لقد تمت إضافة خاتمة جديدة في نهاية هذا الكتاب، بعنوان: «مراجعات ما بعد حادثة فوكوشيما»، وذلك للتأمل في قضايا السلامة النووية والمعضلة النووية الكبيرة التي قد تجلبها. ويأمل المؤلِّف أن يستلهم المجتمع النووي الدولي الدروس القيِّمة من أجل إيجاد طاقة نووية أكثر أماناً في المستقبل.

القسم الأول

التكنولوجيا قبل السياسة

الفصل الأول

«إغلاق» معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري

تعليمات الوزير

حدث ذلك في صباح اليوم الأول من الأسبوع الثاني من شهر سبتمبر 1980. تم استدعاء كانغ باك-كوان (إنها الطريقة الكورية في إيراد الاسم، حيث يأتي اسم العائلة قبل اسم الشخص)، المدير العام لمكتب تطوير الطاقة الذرية (المسؤول عن دعم جميع أنشطة البحث والتطوير النووية الوطنية) التابع لوزارة العلوم والتكنولوجيا، إلى مكتب الوزير في الطابق التاسع عشر بمبنى الحكومة في سيول. وقد عُيِّن البروفيسور لي جيونغ-أو قبل بضعة أيام وزيراً أول لوزارة العلوم والتكنولوجيا في حكومة الجمهورية الخامسة التي تم تشكيلها حديثاً برئاسة تشون دو-هوان (تقلّد الرئيس تشون مقاليد الرئاسة في 27 أغسطس 1980). وكان المدير العام كانغ على معرفة شخصية سابقة بالوزير، حيث ساعده عندما كان أستاذاً بقسم الهندسة الميكانيكية في المعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا على الحصول على إجازة تفرغ علمي بفرنسا لمدة ثلاث سنوات. والآن الوزير «لي» هو رئيسه، وهو رجل عالم عاد مؤخراً من فرنسا، وربما ظن كانغ أنه استُدعي ليُطلب منه المشورة في بعض المسائل النووية، أو شيء من هذا. لكن على عكس توقعات كانغ، أصدر الوزير «لي» تعليمات مباشرة، حيث قال بعبارة بسيطة: «عليك الشروع في إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري». أصيب كانغ بصدمة وحرج من طرح أي أسئلة في تلك اللحظة، ولم يزد على القول: «سأعيد النظر فيه، سيدي الوزير»، ثم خرج من مكتب الوزير. ما جعل كانغ أكثر شعوراً بالحرج هو أنه أيضاً حديث التعيين في منصبه الحالي، فلم يمضِ سوى شهر واحد على تعيينه، حيث كان قبل ذلك رئيساً لمكتب التعاون الفني الدولي بالوزارة.

كان كانغ نفسه تكنوقراطياً محنكاً، لذلك أحس فوراً بأن تعليمات الوزير بإغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لابد من أن تكون وراءها أجندة خطيرة؛ فهذا المعهد أقدم وأضخم معهد وطني للبحوث، وهو بمنزلة مركز البحوث النووية الوحيد في كوريا. وذهب كانغ إلى الظن بأن تعيين البروفيسور «لي» في المنصب الوزاري لابد من أن يكون له علاقة بتنفيذ أمر إغلاق المعهد. وربما يكون الوزير المعيَّن حديثاً قد أوكلت له مهمة تنفيذ إجراء جذري في القطاع النووي لا غير، وهو صديق حميم ومقرّب من الرئيس تشون، وتخرّج في الدفعة 13 بالأكاديمية العسكرية الكورية. وقد بدا غير ممكن أن يكون للوزير الجديد بعض المعرفة الداخلية حول وضع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لكي ينفذ هذا الإجراء النهائي، وخاصة أن كانغ لم يقدّم بَعْد تقريره إلى الوزير بشأن موضوع المعهد. كذلك، ربما لم يكن على دراية بمسائل التكنولوجيا والعلوم المحلية عموماً، ومسائل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خصوصاً، وذلك بسبب غيابه عن كوريا الجنوبية لمدة ثلاث سنوات، انتهت قبل بعضة أشهر قليلة فقط.

بعد أيام قليلة سأل الوزيرُ كانغ مرة أخرى حول مسألة إغلاق المعهد. وكان كانغ أفضل استعداداً هذه المرة، فأجاب: «إن إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليس بهذه السهولة يا سيدي، وذلك لثلاثة أسباب: (1) سبب تاريخي يتمثل في أن المعهد أنشأه الرئيس الأول للجمهورية، رِي سينغمان، منذ عشرين عاماً، عقب إعلان الرئيس الأمريكي أيزنهاور عن استخدام «الطاقة الذرية من أجل السلام» لفتح مجال الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية في كوريا الجنوبية. (2) تأسس المعهد بموجب تشريع خاص أجازته الجمعية الوطنية [البرلمان] منذ عقدين من الزمان، وسيتطلب إغلاقه موافقة الجمعية الوطنية بإلغاء قانون إنشائه. (3) ستحتاج كوريا الجنوبية إلى تطوير طاقة نووية لكي تتحرر من اعتمادها في استخراج الطاقة على الوقود الأحفوري الذي تستورده بنسبة 100 في المئة. لذلك، فإن إغلاق معهد البحوث الذرية الوحيد يعني أننا تخلينا عن الطاقة النووية في المستقبل». لابد من أن الأمر كان يحتاج قدراً من الشجاعة من جانب كانغ للرد متحدياً تعليمات وزيره، فضلاً عن منطقية حججه التي رد بها. استمر كانغ في

الرد على الوزير بقوله: «سيّدي، يجب أن تقنعني أولاً بالأسباب التي تحتِّم علينا إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري».

لم يكن كانغ مديراً عاماً عادياً في التحدث لرئيسه بشجاعة ودون تردد. فقد تخرج كانغ في جامعة ووترلو بكندا، ويحمل شهادة دكتوراه في الهندسة الكيميائية. وعاد إلى كوريا الجنوبية في عام 1974 ليصبح مديراً لإدارة الضمانات النووية بوزارة العلوم والتكنولوجيا كواحد من أوائل الذين تم استقطابهم من الخارج ليشغلوا وظيفة مدير عام (وكان أصغرهم، حيث كان يبلغ عمره 34 عاماً). وكان قادراً على الدفاع عن قناعاته بشأن كل ما يفيد البلاد ولا تثنيه عن ذلك المعارك الوزارية، ويرجع ذلك جزئياً إلى دعم عائلته ومساندتها له. وكان كيم يونغ-جون، رئيس شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو) في سبعينيات القرن العشرين وأحد المقربين من الرئيس بارك تشنغ-هي، هو والد زوجة كانغ وقد وفر الإرشادات والاتصال بين وزارة العلوم والتكنولوجيا ووزارة الطاقة والموارد (التي تتبع لها شركة كيبكو) اللتين كان يسود بينهما تنافس تقليدي حول المسائل النووية.

تراجع الوزير أمام تحدي كانغ المثير للجدل، وجاء على مضض بحجتين تبرران إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية. أولاً، كانت كوريا بصدد إنشاء أول محطة للطاقة النووية فيها، ولم يسهم المعهد إطلاقاً في ضمان السلامة ضد الحوادث النووية المحتملة. ولم يكن لدى المعهد ما يكفي من القوة البشرية الفنية في مجال السلامة النووية، ومن ثم سيتعيَّن على كوريا أن تعتمد اعتماداً كلياً على الدعم الفني الأجنبي. ثانياً، كان ينبغي على المعهد أن يركّز على برامج بحوث الطاقة النووية والوقود النووي، لكن، على العكس من ذلك، انصبّ تركيزه كله في مجالات أخرى غير مجال الطاقة، مثل الزراعة وبحوث النظائر المشعة. فإذا كانت هذه هي الأسباب الحقيقية، فقد رأى كانغ أنها يمكن أن تبرر المزيد من الدعم للمعهد، بدلاً من إغلاقه، ما خلّف انطباعاً قوياً بأن هذه الأسباب لم تكن سوى ذرائع من جانب الوزير، بينما السبب الحقيقي مازال مخفياً. أبعد من ذلك، تساءل الوزير

قائلاً: «ماذا يفعل أعضاء لجنة الطاقة الذرية؟ لماذا لا نلغي مكتب لجنة الطاقة الذرية؟» فقد كان هناك اثنان من أعضاء لجنة الطاقة الذرية في الوزارة في ذلك الوقت بموجب قانون الطاقة الذرية؛ وقد أدى هذا إلى نقل مكتب عضويْ لجنة الطاقة الذرية مؤقتاً إلى موقع في إحدى ضواحي مدينة سيول يتبع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. كان الوزير محبطاً وزاده احتجاج كانغ غضباً، ولم يكن يقدر على الإفصاح عن السبب الحقيقي، فتحدث إلى كانغ بشيء من اليأس قائلاً: «إذن ائتنا أنت بالبدائل!» كان يساور كانغ شك قوي بأن تعليمات الوزير تكمن وراءها صفقة دبلوماسية سرية بين سيول وواشنطن تهدف إلى تفكيك البرنامج الكوري للبحوث النووية والصواريخ، مقابل حصول النظام الجديد على اعتراف دبلوماسي أمريكي به.

رد كانغ على الفور: «سيدي الوزير، ذكرتم مشكلتين، هما: سلامة محطات الطاقة النووية من جهة، وتركيز أنشطة البحث والتطوير النووية على محطات الطاقة النووية من الجهة الأخرى». كان يعتقد أن بإمكانهم إيجاد حلول للمشكلتين، ووعد بأن يتوصل إلى خطة جديدة ويرفعها إلى الوزير في غضون شهر. ففيما يتعلق بالموضوع الأول الخاص بسلامة محطات الطاقة النووية، نظّم كانغ مجموعة دراسية سرية داخل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري برئاسة لي سانغ-هون (الذي كان وقتها رئيساً لقسم السلامة، ثم عمل لاحقاً كأول رئيس للمؤسسة الكورية للسلامة النووية). وكما وعد كانغ، رُفعت إلى الوزير خلال شهر خطة لتأسيس مركز السلامة النووية. أما فيما يتعلق بالموضوع الثاني الخاص بتركيز أنشطة البحث والتطوير النووية على محطات الطاقة النووية، وهو الموضوع الذي كان يتطلّب إعادة هيكلة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، فقد أفاد كانغ بأن هذه الفكرة يجب إحالتها إلى الدراسة الجارية التي يقوم بها فريق العمل الخاص بإعادة هيكلة جميع المؤسسات البحثية الوطنية. وقد شعر كانغ بأن الوزير «لي»، بعد استماعه إلى خطة إنشاء مركز السلامة النووية، بدا وكأنه تخلى عن موقفه القوي المنادي بإغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وغيّر رأيه سراً لصالح اتخاذ إجراءات من أجل الإبقاء على المعهد.[1]

بدأت هذا الحادثة تطفو على السطح لأول مرة بعد ثلاثين عاماً تقريباً. وفي الواقع، تولّد «خير من باطن الشر» أو «فرص من رحم الأزمة»، وتطوّر خلال العقود التالية إلى أن أدى في النهاية إلى تصدير أول محطة طاقة نووية إلى دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2009، والتي يمكن تتبّع تاريخها إلى هذه الفترة المظلمة من التاريخ النووي الكوري. إن ذلك يمثل جوهر هذا الكتاب: كيف ستتكشف عملية توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا، وما هو التغيير الذي حدث في دور معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في ثمانينيات القرن العشرين، خصوصاً خلال تلك الفترة المثيرة. لذلك، لابد من فهم الأوضاع السياسية-الاجتماعية والدبلوماسية المحيطة بشبه الجزيرة الكورية في أوائل ثمانينيات القرن العشرين لكي نميط اللثام عن الأسباب.[2]

العقدان الأوّلان

من المهم أن نفهم تاريخ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في العقدين الأولين، وصولاً إلى حادثة «إغلاقه» في عام 1980؛ لقد تأسس معهد بحوث الطاقة الذرية (السابق لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري) في عام 1959. وقد أسسه رِي سينغمان، أول رئيس للجمهورية الأولى، مستلهماً فكرة الرئيس الأمريكي أيزنهاور «الطاقة الذرية من أجل السلام»، كما استلهمها العديد من الدول خلال تلك الحقبة. ومن أجل بناء مركز وطني للبحوث النووية في ظل انعدام كامل للبنية التحتية الفنية في ذلك الوقت، انصبّ التركيز على تطوير القوى البشرية في مجالات العلوم الأساسية؛ مثل الفيزياء النووية، والكيمياء الإشعاعية، وعلوم الحياة. وكان جميع موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية من موظفي الخدمة المدنية، وكانوا يعملون مع مسؤول البحوث النووية ويتمتعون بامتيازات غير مسبوقة ويتقاضون رواتب أعلى بكثير من رواتب موظفي الخدمة المدنية العاديين. لقد تم بناء وتشغيل اثنين من مفاعلات البحوث الصغيرة الحجم (مفاعل التدريب في مجال بحوث النظائر: تريغا مارك-2، وتريغا مارك-3) اللذين يقعان جنباً إلى جنب في تاينونغ (المتاخمة لكلية الهندسة في حرم جامعة سيول الوطنية) على أطراف سيول، وأدى ذلك إلى

إنتاج كميات كافية من النظائر المشعة لأغراض البحوث الطبية والزراعية. كان هذا المركز البحثي الحديث، وهو يعمل بكامل طاقته، مصدر إلهام لأذكى الطلاب الشباب؛ فبدؤوا يلتحقون بأقسام الهندسة النووية التي افتُتِحت حديثاً في جامعة هانيانغ وجامعة سيول الوطنية ابتداءً من عام 1958. (وشهدت تلك الفترة ارتفاع الحد الأدنى لدرجات امتحان القبول بقسم الهندسة النووية إلى أعلى مستوى لعدة سنوات). وبدأ معهد بحوث الطاقة الذرية يفقد تألقه القديم، بعد عقد من عمله، بتجزئته إلى المعهد الطبي الإشعاعي والمعهد الزراعي الإشعاعي. وعندما وُضِعت الخطة الوطنية لبناء أول محطة طاقة نووية في أواخر ستينيات القرن العشرين، لم يقُم معهد بحوث الطاقة الذرية إلا بدور ثانوي في تقديم المشورة إلى الحكومة. وبدلاً منه، اضطلعت شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو)، المملوكة للدولة، بالدور الرئيسي في تخطيط مشاريع محطات الطاقة النووية الجديدة وتشغيلها (بدءاً بوحدة كوري 1، ومفاعل وستنجهاوس الذي يعمل بالماء المضغوط وينتج 600 ميغاواط من الكهرباء وتم شراؤه بعقد تسليم المفتاح) في أوائل سبعينيات القرن العشرين. لقد كانت ضربة مؤذية لمعهد بحوث الطاقة الذرية، الذي كان يوماً ما مؤسسة نووية شامخة في كوريا الجنوبية.

وفي عام 1973 تم إعادة هيكلة معهد بحوث الطاقة الذرية من معهد خدمة مدنية إلى معهد بحوث مستقل تحت رعاية الحكومة، تماشياً مع تغيّر الظروف. كما تم تغيير الاسم الرسمي للمعهد بإضافة صفة «الكوري» إليه، بحيث يصبح «معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري». وكان أول رئيس للمعهد، الذي أعيدت هيكلته حديثاً، هو يون يونغ-كو، وهو كيميائي تلقى تعليمه في جامعة براون الأمريكية، وله خبرة في المواد النووية اكتسبها من عمله في مختبر أرغون الوطني بولاية إلينوي الأمريكية. وكانت أول مهمة أمام يون هي إعادة بناء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليصبح أكثر تركيزاً على تقنيات الطاقة النووية ودورة الوقود النووي، بالتزامن مع بدء إنشاء أول محطة وطنية للطاقة النووية؛ وحدة كوري 1. لقد كان تغييراً جذرياً في المهمة؛ من عقلية العلوم النووية الأساسية التي

كانت سائدة إلى تقنيات الطاقة النووية الأكثر تركيزاً على الهندسة. كان يون سابقاً لزمانه بفراسخ فيما يتعلق برؤية كوريا المستقلة في مجال الطاقة ببرنامجها النووي وتكنولوجيا دورة الوقود المرتبطة به منذ بدايته.[3] وبدأ حملات قوية لاستقطاب الكوريِّين المقيمين في الخارج الذين لديهم خبرة في مجال الطاقة النووية. وحقق الاستقطاب أول نجاح له بتعيين «لي هاي» من مركز وستنجهاوس للبحوث النووية في عام 1974. تخرج لي هاي في جامعة بنسلفانيا بشهادة دكتوراه في الهندسة الميكانيكية، وله خبرة في بحوث الاهتزازات الناجمة عن التدفق اكتسبها من عمله في مركز وستنجهاوس للبحوث في مدينة بيتسبيرغ بولاية بنسلفانيا الأمريكية. لقد كان لي هاي أول موظف تقني، صاحب خبرة هندسية وطيدة في محطات الطاقة النووية التي تعمل بالماء المضغوط، ينضم إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. كما تم استقطاب كيم تشونغ-جو، نائب رئيس شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو) ليتولى منصب نائب الرئيس للشؤون الهندسية بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وهو منصب مستحدث. وكان كين تشونغ-جو قد أسس أول شركة هندسة معمارية، وهي شركة بيرنز آند رو أتوميك الكورية، في عام 1975، إلى جانب شركة بيرنز آند رو الأمريكية Burns & Roe، التي أصبحت من ثم شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو) في عام 1982. لقد كانت تلك هي المحاولة الأولى التي يقوم بها مختبر نووي وطني للدخول في الأعمال التجارية لمحطات الطاقة النووية في مجال الهندسة المعمارية.

ينبغي أن يخلد عام 1975 في الذاكرة بوصفه العام الأول الذي بدأ فيه المختبر الوطني رحلته الطويلة نحو تقنيات المحطات النووية التجارية، بفضل قياداته الرائدة؛ مثل: يون، وكيم، ولي. ففي ظل قيادة يون تم استقطاب نحو عشرين مهندساً كورياً من الخارج لينضموا إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الجديد (وتقنيات الطاقة النووية الكورية) منذ بداياته في سبعينيات القرن العشرين. وقدّم العديد من الكوريِّين المستقطَبين من الخارج مساهمات مهمة في الساحة النووية الكورية والدولية: إذ تولّى كل من ريم تشانغ-ساينغ (خريج معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وحاصل على دكتوراه في الهندسة

النووية)، وكيم سيونغ-يون (دكتوراه في الهندسة النووية من جامعة نيويورك،) رئاسة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في تسعينيات القرن العشرين؛ كما شغل كل من جوهن بونغ-إيل (دكتوراه في الهندسة النووية من جامعة كارنيغي-ميلون)، وكيم بيونغ-كو (دكتوراه في الميكانيكا التطبيقية من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا) منصب المدير التقني بالوكالة الدولية للطاقة الذرية في فيينا.

وهناك حدث آخر لم يكتمل في هذه الفترة لكنه ذو مغزى، وهو إنشاء مشاريع بقيادة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ترمي إلى توطين مفاعلات الماء الثقيل من نوع «كاندو» CANDO في كوريا الجنوبية. وكان بناء مفاعلات «كاندو» المعيارية يتم في كندا، في أونتاريو بالأساس، بالإضافة إلى مشاريع تصدير عديدة كان يجري بناؤها في الأرجنتين (مفاعلات إمبالس النووية)، ورومانيا (مفاعلات سيرنافودا النووية) في أوائل سبعينيات القرن العشرين. وكان مفاعل كاندو يوفر مزايا واضحة لدولة نامية،مثل كوريا الجنوبية، حيث كان الوقود المطلوب في تلك الأيام هو اليورانيوم الطبيعي، ما يغني عن الحاجة إلى التخصيب، فضلاً عن سهولة توطين المكونات الرئيسية لهذا المفاعل بسبب ما يتميز به من انخفاض في الضغط والحرارة. وكان توفير المياه الثقيلة بكميات ضخمة يمثل العائق الوحيد، لأنها مكلفة للغاية وتعد مادة حساسة. لقد أجرى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كيبكو معاً دراسة الجدوى الأولى في عام 1973؛ فقد تم إيفاد أربعة أعضاء خبراء رفيعي المستوى إلى كندا لدراسة خيار مفاعل كاندو، وهم: تشا جونغ-هي، وهيون كيونغ-هو (وكلاهما عمل رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وقت لاحق) من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ ومون هي-سونغ، ورره إيون-راي من شركة كيبكو. وعقب رحلتهم قدموا توصيات مهمة بشأن إنشاء أول مفاعل للطاقة النووية من نوع كاندو في ولسونغ.[4] وفي عام 1978 أجرى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الطاقة الذرية الكندية معاً دراسة جدوى أكثر رصانة استغرقت ستة أشهر، بشأن إنشاء أسطول ضخم من مفاعلات كاندو، مع توطين الوقود ومعدات المفاعل والماء الثقيل ونقل التكنولوجيا على نحو كامل. كانت الدراسة الكندية-الكورية

المشتركة الشاملة حول برنامج «كاندو» الكوري تتكون من أربع مجلدات، تُعرف بتقرير الدراسة الكندية-الكورية المشتركة (JCKS report)، وقد أصدرها لي هاي وجورج بون اللذان كانا يشغلان منصب نائب الرئيس ومدير المشاريع في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الطاقة الذرية الكندية على التوالي. لقد كانا طموحيْن، إذ قدَّما توصية للحكومة الكورية بإنشاء أربع وحدات للطاقة النووية تعمل بمفاعلات كاندو لها قدرة 900 ميغاواط من الكهرباء (بإشارة إلى محطة بروس-أ للطاقة النووية الكندية كمحطة مرجعية)، ومختبر للتطوير الهندسي (بإشارة إلى مختبر شيريدان بارك الهندسي التابع لشركة الطاقة الذرية الكندية).[5] وبعد كثير من منعطفات التاريخ وتقلباته، تم أخيراً بناء أربع وحدات نووية من نوع كاندو بقدرة 900 ميغاواط من الكهرباء في مدينة ولسونغ في تسعينيات القرن العشرين، لكن بنسبة توطين أقل مما اقترحته الدراسة الكندية-الكورية المشتركة، لأن المعيار الكوري الموحّد لبرنامج الاعتماد على الذات كان قد تحدّد بالفعل في مشروع المحطات النووية يونغوانغ 3 و4، باختيار محطات طاقة نووية من نوع مفاعلات الماء المضغوط. أما اقتراح إنشاء مختبر للتطوير الهندسي بغرض توطين معدّات المفاعلات، فقد تحقق جزئياً بإنشاء دورة الاختبار الحار Hot Test Loop في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال مشروع ولسونغ لتوطين الوقود (كما هو موضح في الفصل الثالث).[6] وكان لابد لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من أن يشارك في تصميم نظام المحطات النووية يونغوانغ 3 و4، وليس نظام كاندو (كما هو موضح في الفصل الرابع)، وأن يؤجل رغبته في الانتقال إلى محطات الطاقة النووية التجارية بالاعتماد التقني على الذات إلى أكثر من ثمانية أعوام.

الارتباط مع فرنسا

في بداية سبعينيات القرن العشرين، تم تشكيل مجموعة خاصة تُعنى بالمختبرات في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ لكي تبدأ تنفيذ مشاريع بحثية في مجال دورة الوقود النووي. ثم توسعت هذه الفكرة، وأصبحت تعرف لاحقاً باسم «مشاريع القرض

الفرنسي»، وذلك لأن الترتيبات قد اكتملت للحصول على قرض كبير من الحكومة الفرنسية لبناء منشآت خاصة بدورة الوقود، من ضمنها محطة تجريبية لدورة الوقود. كما كُلِّف فريق آخر متخصص في هندسة المفاعلات بمهمة تصميم مفاعل لاختبار المواد النووية، وربما كانوا يفكرون حينها في مفاعل البحوث النووي التجريبي الكندي. كان كلا المشروعين يحظى بأولوية خاصة، حيث كانت متطلبات التشديد الأمني غير عادية في الجو الأكاديمي الطبيعي لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وسار هذان المشروعان الخاصان إلى الأمام حتى بلغا مرحلة تصميم التفاصيل، حينما أجرت الهند اختباراً نووياً في عام 1974. ولكن بدأت المخاوف الدولية بشأن منع الانتشار النووي تتزايد، ما أجبر كوريا على إلغاء المشروعين. وفي نهاية عام 1975 انضمت كوريا إلى معاهدة منع الانتشار النووي وما يتصل بها من ترتيبات الضمانات النووية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية. لقد صادقت الجمعية الوطنية في كوريا الجنوبية على معاهدة منع الانتشار النووي وانضمت إلى عضويتها وعضوية اتفاقية الضمانات الشاملة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية INFCIRC/140 في 14 نوفمبر 1975. وأُعطي مفتشو الوكالة الدولية كامل الحرية لتفتيش جميع المنشآت النووية، للتثبت من عدم وجود مواد نووية غير معلن عنها، بما في ذلك أنشطة الوقود النووي المُعاد هيكلتها في موقع «دايدوك» التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.

وفي عام 1976 تم تأسيس كيان جديد متفرع من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وهو المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي، ليتولى متابعة مشاريع القرض الفرنسي في مدينة دايدوك للعلوم، التي تقع على بعد 160 كيلومتراً جنوب العاصمة سيول. وكانت مهمة هذا المعهد الجديد تتمثل في تحويل المشروع الأصلي لدورة الوقود من أنشطة النهاية الخلفية إلى أنشطة النهاية الأمامية من دورة الوقود.* وفي وقت لاحق في

* تنقسم أنشطة دورة الوقود النووي إلى نوعين: أنشطة النهاية الأمامية، أو تسمى الطرف الأمامي front-end، وهي التي تمثل مقدمة دورة الوقود وتشتمل على أنشطة الاستكشاف والتعدين والمعالجة والتحويل والإثراء والتصنيع لتهيئة الوقود لاستخدامه في المفاعل؛ وأنشطة النهاية الخلفية، أو الطرف الخلفي back-end، ويقصد بها الأنشطة التي تتصل بعمليات تخزين الوقود المستنفد أو المستهلك وإعادة معالجته والتخلص منه. (المحرر)

ثمانينيات القرن العشرين خضع مشروع بناء محطة الوقود التجريبية لإعادة صياغة لكي يتناسب مع تصنيع الوقود ومحطات تحويل اليورانيوم ومنشأة فحص ما بعد التعرض للإشعاع، كما عُدّل بناء مفاعل اختبار المواد النووية في تسعينيات القرن العشرين ليصبح مفاعل بحوث متعدد الأغراض، وهو مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات العالية التدفق، الذي يطلق عليه اختصاراً «هانارو» HANARO، (بقدرة 30 ميغاواط، من النوع الذي يستخدم الحوض المفتوح للتبريد ويورانيوم منخفض التخصيب يتوافق مع مبدأ منع الانتشار النووي). هذه الأحداث التي وقعت في سبعينيات القرن العشرين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكورية، أنهت المحاولة الوحيدة التي قامت بها كوريا الجنوبية لامتلاك تكنولوجيا دورة الوقود الحساسة في التاريخ، وأدت إلى الإعلان المشترك لنزع السلاح النووي من شبه الجزيرة الكورية في عام 1992، الذي منع وجود أي منشآت لإعادة معالجة المواد النووية أو التخصيب في شبه الجزيرة الكورية. ولم يستمر المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي طويلاً، فبعد أربعة أعوام فقط من إنشائه أعيد دمجه في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1980 كحل بديل لـ«إغلاقه». ومع ذلك خلّف المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي أثراً مهماً في برنامج توطين الوقود النووي؛ ما أدى إلى انطلاق الحملة اللاحقة التي تهدف لتحقيق الاعتماد على الذات في مجال تكنولوجيا الطاقة النووية في ثمانينيات القرن العشرين. كانت محطة الطاقة النووية الأولى في البلاد، وحدة كوري 1 (مفاعل ماء مضغوط بقدرة 600 ميغاواط من الكهرباء، مزوَّد من شركة وستنجهاوس) قد بدأ تشغيلها التجاري منذ عام 1978، وكانت محطة الطاقة النووية الثانية، وحدة ولسونغ 1 (مفاعل ماء ثقيل مضغوط من نوع كاندو، بقدرة 600 ميغاواط من الكهرباء، مزود من شركة الطاقة الذرية الكندية) تحت التشييد ليتم وصلها بالشبكة الكهربائية بحلول عام 1983. وبما أن الوحدتين تستخدمان وقوداً مستورداً من الولايات المتحدة وكندا، على التوالي، كما يجري التخطيط للمزيد من الوحدات، فإن المبررات المنطقية لمشاريع توطين الوقود لكل من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الثقيل المضغوط كانت لا تخلو من مغزى اقتصادي يبرر إنشاء محطات تجارية لتصنيع الوقود. وفي يوليو 1980 قدّم المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي إلى وزارة العلوم والتكنولوجيا

تقريرين رئيسيين تضمنا توصيات حول نوعين من الوقود (وقود مفاعل الماء الثقيل المضغوط من نوع كاندو، ووقود مفاعل الماء المضغوط)، ومصحوبين بدراسات جدوى تقنية-اقتصادية مفصلة، وذلك قبل بضعة أشهر من إعادة دمجه في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ومن المهم أن نلاحظ أن طابع المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي - المعهد الوحيد لتطوير الوقود وإنتاجه على أساس تجاري كامل - كان مختلفاً اختلافاً جذرياً عن جميع مختبرات البحوث الوطنية الأخرى في كوريا الجنوبية في ذلك الوقت. وقد أعطيت الأولوية الأولى لوقود مفاعل الماء الثقيل المضغوط-كاندو، على وقود مفاعل الماء المضغوط، وذلك لبساطته وعدم الحاجة إلى عمليات تخصيب (اعتماد مصيري على مصادر أجنبية). وكان يُعتقَد أن من الممكن تطوير مشروع كامل للوقود وقدرات تصنيع له داخل المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي، من دون الاعتماد على نقل التكنولوجيا من شركة الطاقة الذرية الكندية من البداية (ماعدا لاختبار التحقق، إذا لزم الأمر). كان الاسم الرمزي للمشروع هو «مشروع دبليو» W Project وقتها. ووُضع برنامج خماسي لتطوير الوقود (1981-1986)، وقُدِّم إلى وزارة العلوم والتكنولوجيا للموافقة عليه. وجاءت موافقة الحكومة على تمويل المرحلة الأولى التي تستمر لمدة عامين، ابتداءً من عام 1981، بعد إعادة دمج المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. لقد كان ذلك أكبر مشروع وطني استغرق سنوات طويلة في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، مستفيداً من أكثر من نصف إجمالي ميزانية المعهد وقوته البشرية. وبدأ العمل بالفعل في المعامل التجريبية لتحويل وتصنيع اليورانيوم (بقدرة 10 أطنان من اليورانيوم سنوياً، وزيدت قدرة وحدة ولسونغ 1 لاحقاً إلى 100 طن من اليورانيوم) في موقع دايدوك بحلول عام 1981، بمساعدة من الشركة الفرنسية لتصنيع الوقود النووي.[7]

كان الجهد الأكثر أهمية من جانب المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي هو وضع تخطيط استراتيجي لتصنيع الوقود النووي من النوع الذي يستخدم في مفاعلات الماء المضغوط. وما كان واضحاً في سبعينيات القرن العشرين أن الطلب على وقود مفاعلات الماء المضغوط سيرتفع في الوقت الذي كانت فيه وحدة كوري 2 (بقدرة 600 ميغاواط من

الكهرباء، تصنيع وستنجهاوس) تحت التشييد، وكان مزيد من مفاعلات الماء المضغوط في مرحلة التخطيط. وهكذا، فإن الخطة الرامية إلى توطين وقود مفاعلات الماء المضغوط، التي قدّمها المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي، حظيت باستحسان وقبول كبير من جانب وزارة العلوم والتكنولوجيا، وكذلك من وزارة الطاقة والموارد التي تشرف على شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو). وفي عام 1981 قُدِّم اقتراح بإنشاء شركة مشتركة جديدة مع شركة وقود أجنبية بغرض تصميم الوقود وتصنيعه، ما قاد شركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى إنشاء الشركة الكورية للوقود النووي في عام 1981. وكان الموقع الأول الذي حدد لهذه الشركة الجديدة يقع بالقرب من إحدى محطات الطاقة النووية القائمة، لكن تم تغييره لاحقاً إلى الموقع الحالي المتاخم لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بمجمع دايدوك. وخلافاً للخطة الأصلية التي وضعها المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي، نالت شركة كيبكو أكبر حصة في الشركة الكورية للوقود النووي، وذلك لقدرتها على تمويل رأس المال المطلوب.[8]

كان ذلك بداية لتحول مركز الاهتمام بالبحوث النووية في كوريا، ليس فقط في المواقع الجغرافية من تاينونغ في سيول إلى مدينة دايدوك للعلوم في دايجون، بل أيضاً في الطابع الأساسي للمختبر النووي الوطني. لقد كان الاهتمام على وشك التغير من العلوم الأساسية إلى الربط المباشر بإمداد الوقود النووي في البداية، ثم الوصول إلى مرحلة تصميم نظم المفاعلات النووية لمفاعلات الطاقة في أواخر ثمانينيات القرن العشرين. وكان الهدف من المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي هو إنتاج الوقود وتزويد المفاعلات النووية الوطنية التجارية الناشئة بكل ما تحتاجه من وقود نووي، لكنه استمر لثلاث سنوات فقط (1976–1980). ومع ذلك، فقد لعب دوراً تاريخياً في محو ذكرى مشاريع الوقود النووي من اسم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، للتحضير للمشاريع التجارية في العقد القادم في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وربما انتهى المطاف بالمعهد الكوري لتطوير الوقود النووي لأن يكون طفلاً مفقوداً في الساحة النووية الكورية التي أملتها المخاوف الدولية تجاه الانتشار النووي منذ التفجير النووي الهندي في عام

1974. ومع ذلك، فقد أنتج خططاً استراتيجية رئيسية لتوطين نوعين من الوقـود النـووي (وقود مفاعل الماء الثقيل المضغوط من نوع كاندو، ووقود مفاعل الماء المضغوط)، وقدمها للحكومة للموافقة عليها قبل فترة وجيزة من حادثة إغلاق معهد بحـوث الطاقـة الذريـة الكوري في ديسمبر 1980، وقد نفـذت الـشركة الكوريـة للوقـود النـووي هـذه الخطـط بالكامل في ثمانينيات القرن العشرين وتسعينياته.[9]

الفصل الثاني

البدائل

استمرت مداولات يائسة في مكتب المدير العام لمكتب تطوير الطاقة الذرية، كانغ باك-كوان من أجل الخروج بأفكار بديلة لإغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في أواخر عام 1980، عندما استقبل كانغ وفداً أمريكياً سرياً غير عادي في مكتبه. وعرّف أحد أعضاء الوفد نفسه بأنه ضابط في الجيش الأمريكي من القوات النووية الاستراتيجية في الشرق الأقصى، وقال آخر إنه أستاذ في جامعة هارفرد، وبرفقتهما مسؤول شؤون العلوم في السفارة الأمريكية في سيول روبرت ستيلا. لقد كانوا يستقصون من كانغ ما وصل إليه موضوع إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، مقدمين له أمثلة على الإغلاق النهائي الذي آل إليه أحد مراكز البحوث النووية في تايوان. (في عام 1976، قامت الحكومة التايوانية عملياً بهدم مفاعل البحوث التايواني قرب تايبيه، الذي عمل لعامين فقط، بعد التجربة النووية الهندية. وكان ذلك المفاعل من نفس نوع مفاعلات البحوث النووية التجريبية الكندية). قال كانغ إن أي أنشطة مرتبطة بمرحلة النهاية الخلفية لدورة الوقود النووي قد أوقفت تماماً في كوريا منذ عام 1975، لكن يجب السماح لنا بمواصلة أنشطة بحوث وتطوير الطاقة النووية للاستخدامات السلمية القانونية؛ لأن كوريا قد بدأت سلفاً في تشغيل أولى محطاتها النووية، وحدة كوري 1، بكامل طاقتها منذ عام 1978. وبطريقة أو بأخرى، أقنع كانغ الزوار بأن برنامجاً جديداً لبحوث وتطوير الطاقة النووية سيقدَّم في غضون ثلاثة أشهر يثبت نية كوريا في استخدام الطاقة النووية لأغراض سلمية بحتة.[1]

وُضع المخطط الجديد لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في ثلاثة أشهر في سرية تامة؛ فلم يعلم بالتحضيرات للعمل سوى أشخاص قليلين جداً بوزارة العلوم والتكنولوجيا ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وفي غضون ذلك، دعا الوزير «لي»

صديقه المقرب هان بيل-سون (الذي كان وقتها نائباً لرئيس وكالة تطوير الدفاع، ثم سرعان ما أصبح نائباً لرئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري) في أوائل عام 1982، ونفذ معه عملاً سرياً لصياغة مخططه الخاص لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. كان الوزير «لي» يذهب إلى دايجون كل نهاية أسبوع تقريباً لفترة من الوقت للعمل مع هان في مكان هادئ يسمى فندق بانغسان، متخذاً كل الحذر ألا يتنبه إليه أي أحد. وكان نام جانغ-سو، من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، يقوم بأعمال السكرتارية لهما. وكان لدى هان ونام شعور بأن الوزير «لي» يعمل على إعداد المواد الإعلامية للبيت الأزرق (مقر رئيس جمهورية كوريا الجنوبية). لقد تضمن المخطط إعادة هيكلة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لينتقل إلى تكنولوجيا الطاقة النووية التجارية، بدءاً بمشروع توطين الوقود للمفاعل من نوع «كاندو» لمحطة ولسونغ النووية؛ وهذا تحول جذري من مجال البحوث الأساسية التي كان عليها التركيز في الماضي. وقد أثبت التاريخ أن إعادة الهيكلة الرئيسية التي شهدها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على أساس البرنامج الذي تم وضعه في هذه الفترة الحرجة، كانت الركيزة الأساسية التي قامت عليها قصة نجاح كوريا الجنوبية في مجال الطاقة النووية خلال السنوات الثلاثين التالية، وأصبح المعهد يقوم بأكثر الأدوار أهمية. وبعبارة أخرى، كان على الولايات المتحدة الأمريكية أن تعترف بسلامة المنطق الكوري حول الاستخدام السلمي للطاقة النووية، والحاجة إلى إجراء بحوث السلامة مادام الجانب الكوري قد تعهد بالشفافية المستمرة الكاملة، تطميناً للولايات المتحدة من مخاوف الانتشار النووي. وتضمنت البدائل لإغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ثلاثة عناصر: (1) إزالة كلمة «الذرية» الرئيسية من اسم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ (2) نقل المعهد بأكمله من سيول إلى دايجون؛ (3) إنشاء مركز جديد للسلامة النووية في المعهد.[2]

من «ذرية» إلى «متقدمة»

تذكر جميع مطبوعات الأرشيف التاريخية أن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد تغير اسمه في عام 1980 من «معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري» إلى «معهد بحوث الطاقة المتقدمة الكوري»، كجزء من إعادة هيكلة المعاهد الوطنية وموجة الدمج التي

حدثت في ظل الحكومة العسكرية الجديدة بقيادة تشون دو-هوان. أما السبب الحقيقي وراء اختفاء كلمة «الذرية» من اسم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري فكان يجب الانتظار للسنوات الثلاثين المقبلة ليتم الكشف عنه.

في يوم 19 ديسمبر 1980 عقد مجلس الإدارة اجتماعاً طارئاً أجاز فيه قراراً يقضي بتغيير الاسم الذي ظل يحمله المعهد لعشرين عاماً، ليصبح اسمه الجديد هو «معهد بحوث الطاقة المتقدمة الكوري»، وتم دمجه مع المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي في دايدوك. وفي الواقع، كانت فكرة التحول من «الذرية» Atomic إلى «المتقدمة» Advanced فكرة فريدة من نوعها، بحيث يمكن للمرء أن يجادل في شرعية إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بالإشارة إلى أن المعهد لم تعد به نشاطات بحوث وتطوير نووية، ظاهرياً. فالكوريون عامة ينظرون إلى أسمائهم (أو أسماء المؤسسات) بطريقة أكثر رمزية. وهذا الاختفاء المفاجئ لكلمة «الذرية» المهمة ولّد شعوراً عميقاً بالضيق بين الأوساط العلمية الكورية بصفة عامة، وبين موظفي المعهد بصفة خاصة. ومع ذلك، لم يجرؤ أحد على السؤال «لماذا؟»، لأن البلاد كانت في تلك الفترة محكومة بقانون الأحكام العرفية. كان تشا جونغ-هي وقتها رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1980، ويشير في إحدى مذكراته الشخصية إلى درجة الإحباط التي شعر بها عندما أمره مدير عام وزارة العلوم والتكنولوجيا، بايك يونغ-هاك بإزالة كلمة «الذرية» من اسم المعهد. ولم يكن أمام تشا جونغ-هي خيار سوى القبول بتغيير الاسم باللغة الكورية، لكنه جاء بفكرة استخدام «الطاقة المتقدمة» بدلاً من «الطاقة الذرية»، ليظل الاختصار الإنجليزي لاسم المعهد KAERI كما هو دون تغيير.[3]

إن الاسم الجديد «معهد بحوث الطاقة المتقدمة الكوري» باللغة الكورية لا يعكس المعنى الدقيق لعبارة «الطاقة المتقدمة»، لكنه ببساطة يتركها غامضة هكذا ولا يشرح ما تعنيه حقيقة. وأحدث الاسم الجديد التباساً مع معهد بحوث الطاقة الوطني الآخر القائم (معهد بحوث الطاقة الكوري) التابع لوزارة الطاقة والموارد، والذي يحمل اسماً كورياً

مشابهاً، ما اضطر مسؤوليه إلى تغيير اسمه أيضاً إلى «معهد الطاقة والموارد الكوري» في عام 1981، ليكون معهداً بحثياً في مجال الطاقة غير النووية. وقد انتهى موضوع التسمية في عام 1989، عندما أعيد رسمياً اسم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري القديم بإرجاع كلمة «الذرية» إلى مكانها الأصلي. وكان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري حينها يعمل بكامل طاقته في مشاريع مفاعلات الطاقة النووية التجارية (في مجال تصميم النظم النووية للتزويد بالبخار، والتصميم الأساسي الأوّلي)، تاركاً خلفه الإرث القديم من الأنشطة الحساسة في مجال دورة الوقود النووي التي كان يزاولها في سبعينيات القرن العشرين. إن قرار تغيير الاسم من «الذرية» إلى «المتقدمة» قد جلب لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري متاعب مالية فور حدوثه، لأن مجلس التخطيط الاقتصادي، الجهة المسؤولة عن الميزانية الوطنية، بدأ تخفيض ميزانية المشاريع الخاصة بالمعهد في عام 1981. ووجد موظفو الحكومة مبررات سهلة لتخفيض ميزانية معهد بحوث الطاقة الذرية، لأنه لم يعُد يعمل في مجال البحوث النووية، وفقاً لما أُعلن عنه. وفي فترة ما في عام 1981 لم يكن لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أموال كافية في حسابه المصرفي حتى لدفع رواتب موظفيه (وبوصفه معهداً وطنياً لبحوث الطاقة، لم يحدث هذا إلا مرة واحدة طوال تاريخه الممتد لخمسين عاماً). كان جميع العاملين بالمعهد قد شعروا بالألم والأسى في البحث عن بدائل مجدية؛ لأن الشكوك حول تسلم مرتباتهم للشهر المقبل أصبحت حقيقة. وانهارت معنويات الموظفين إلى الحضيض، وتقدم بعض الموظفين التقنيين المهرة باستقالاتهم، وعثروا على وظائف أخرى في مجال التدريس بالجامعات.

الانتقال إلى دايدوك

هناك عنصر آخر مهم في الخيارات البديلة لإغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وهو نقل مباني المعهد من موقعها القديم بمنطقة تاينونغ (ضاحية في شمال شرق سيول، وقد أصبحت بالفعل قريبة جداً للمركز السكاني في ثمانينيات القرن العشرين) إلى مدينة دايدوك للعلوم، التي أنشئت حديثاً بالقرب من دايجون جنوب سيول. وإلى جانب

تغيير الاسم، فقد وفرت فكرة الانتقال مبرراً كافياً وثقة عالية لكبار المسؤولين بأن المعهـد القديم سيغلق إلى الأبد، ما أعطى انطباعاً للغرباء بأن أنشطة بحوث وتطـوير الطاقـة ربـما تكون قد توقفت في كوريا. لقد كان حقاً من حسن حـظ كوريـا الجنوبيـة أنهـا نجحـت في اجتياز تلك الفترة الحرجة في التاريخ النووي، وتغيرت مهام معهد بحوث الطاقـة الذريـة الكوري تغيراً جذرياً منذ عام 1981، حيث اتجه نحو تكنولوجيا مفاعلات الطاقة النوويـة التجارية. لم يكن ممكناً تخيُّل فكرة توطين تكنولوجيا الطاقة النووية لولا هذه التحولات في الأحداث في بداية ثمانينيات القرن العشرين، والتي أفـضت إلى مثـال كلاسـيكي لتحويـل الأزمة إلى فرص، كما ستكشف عن ذلك الفصول التالية من هذا الكتاب.

بقي عائقان رئيسيان قبـل بـدء الانتقـال الفعـلي إلى دايـدوك؛ أحـدهما هـو الإنهـاء التدريجي لأنشطة إعادة التجهيز القديمة وإعادة هيكلتها. والآخر هو بناء مفاعل بحـوث جديد ليحل محل مفاعلَي تريغا الموجودَين في مجمّع تاينونغ، وذلك لـضمان الطـابع المقـاوم للانتشار النووي. كانت المهمة الأولى تتلخص في كيفيـة إعـادة برمجـة «مـشروع القـرض الفرنسي» وتحويله من المشروع الأصلي الخاص بمصنع إعادة التجهيز التجريبي إلى أنـشطة في مجال دورة الوقود النووي أكثر ضماناً لعدم الانتشار النووي. وفي عـام 1976 توصـلت إدارة معهد بحوث الطاقـة الذريـة الكـوري ومـسؤولو وزارة العلـوم والتكنولوجيـا إلى برنامج بديل ليحل محل مهمة إعادة التجهيز، وذلك ببناء مصانع تجريبية لتنقية اليورانيـوم وتحويله، إلى جانب مصنع تجريبي لتصنيع الوقود، وجميعها في مجمّع دايدوك الجديـد، بيـنما يتم الاحتفاظ بالقرض الفرنسي لأهداف أخرى. وقد تم بناء جميع هـذه المـصانع الخاصـة بمراحل النهاية الأمامية من دورة الوقود في أواخر سبعينيات القـرن العـشرين بمـساعدة فرنسية، وخصوصاً من الشركة الفرنسية لتصنيع الوقود النووي. وقد لعبت هذه المـصانع دوراً حاسماً في بداية ثمانينيات القرن العـشرين عنـدما بـدأ معهـد بحـوث الطاقـة الذريـة الكوري مهمته الجديدة لتوطين الوقود النووي، بدءاً بوقـود المفـاعلات مـن نـوع كانـدو لتزويد محطة ولسونغ النووية. والأهم من ذلك هو أن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري انتقل إلى دايدوك لبناء مفاعل أبحاث جديد يحل محل مفاعلات تريغا المعتلة، ولكن أيـضاً

للتأكد من طابع عدم الانتشار النووي في المفاعل البحثي الجديد. وقد أكدت وزارة العلوم والتكنولوجيا لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري عزمها على تمويل هذا المشروع الطموح الذي يستغرق بناؤه عدة سنوات، قبل اتخاذ قرار الانتقال إلى دايدوك. واتضح أن هذا المشروع مكلف ويستغرق وقتاً طويلاً، ولكن في النهاية تم بناء مفاعل أبحاث جديد متعدد الأغراض (مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات العالية التدفق)، ودخل أول مرحلة حرجة له في عام 1995 في موقع دايدوك. لقد كان مفاعلاً فريداً من نوعه، بقدرة 30 ميغاواط من الطاقة الحرارية، من النوع ذي الحوض المفتوح ويستخدم وقوداً مخصباً بنسبة 19 في المئة، ويتوافق تماماً مع المبادئ التوجيهية الدولية لمنع الانتشار النووي. وقد قام بتصميمه معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بالاشتراك مع شركة الطاقة الذرية الكندية.

خلال فترة الجمهوريتين الثالثة والرابعة بقيادة الرئيس بارك تشونغ-هي في ستينيات القرن العشرين وسبعينياته، أُعطيت أولوية وطنية قصوى لتطوير العلوم والتكنولوجيا من أجل دعم النمو الاقتصادي المتسارع؛ ففي أواخر ستينيات القرن العشرين، بدأت الخطة الرئيسية لتطوير مدينة جديدة للعلوم بعيدة عن سيول (بمساحة تبلغ ثلاثين كيلومتراً مربعاً من الأراضي الحكومية بالقرب من دايجون)، تلاها نقل العديد من معاهد البحوث الوطنية إليها، مثل معهد بحوث المعايير الكوري الذي نقل عام 1974. وفي القطاع النووي تم نقل المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي أولاً إلى دايدوك في عام 1976، ثم أعقبه نقل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في بداية عام 1981. واليوم تعد مدينة دايدوك للعلوم مقراً لخمسين مركزاً بحثياً من جميع المجالات العلمية والتكنولوجية، من القطاعين العام والخاص على حد سواء، علاوة على الجامعات التقنية/ الوطنية المقامة منذ سبعينيات القرن العشرين. لقد أُنشئت المدينة على غرار مدن علمية مشابهة في الخارج؛ مثل تسوكوبا في اليابان، ومنطقة مثلث البحوث Reasearch Triangle Park في ولاية كارولينا الشمالية بالولايات المتحدة، وذلك لتعظيم التعاون بين المختبرات الوطنية والأوساط الأكاديمية والصناعات المختارة. واليوم بدأت شركات التقنية تنتقل إلى ضاحية دايجون الشمالية (سادس أكبر مدينة في كوريا الجنوبية، حيث يبلغ عدد سكانها 1.6

مليون نسمة)، ما أكسبها لقب «وادي دايدوك» و«دايدوك إنابوليس». ودايدوك إنابوليس الآن مقر لاثنتي عشرة مؤسسة وطنية/ عامة تعمل في مجال التكنولوجيا النووية والبحوث النووية، إلى جانب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ وجهاز الرقابة النووية – المؤسسة الكورية للسلامة النووية، وشركة تصنيع الوقود النووي-شركة الوقود النووي الكورية، وقسم تصميم نظم مفاعلات الطاقة التابع لشركة كيبكو للهندسة والبناء KEPCO-E&C، ومركز تكنولوجيا الهندسة النووية التابع للشركة الكورية للطاقة المائية والنووية، والمعهد الكوري لبحوث الطاقة الكهربائية التابع لشركة كيبكو، والمؤسسة الوطنية للرقابة والمساءلة النووية – المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة، وقسم الهندسة النووية وهندسة الكم بالمعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا النووية، ومركز توكاماك للانصهار النووي، والمؤسسة الوطنية للبحوث، والجمعية الأكاديمية النووية- الجمعية النووية الكورية؛ وجميعها يقع في دايدوك إنابوليس بدايجون. بالإضافة إلى ذلك، تجمَّع حول إنابوليس عدد من شركات الاستشار النووي الصغيرة التي تعمل في مجال تطوير البرمجيات وصناعة المعدات والأجهزة، وأصبحت تعرف باسم «الوادي النووي». وبعد أن كان هناك تردد في الانتقال بعيداً عن سيول قبل 30 عاماً، أصبحت دايجون اليوم تمثل المركز التقني، ليس للبرامج النووية الكورية الكبرى فحسب، حيث اشتهرت باسم «واحة التكنولوجيا النووية»، بل في مجالات التقنية العالية الأخرى أيضاً؛ مثل تكنولوجيا المعلومات، والتكنولوجيا الحيوية.

مركز السلامة النووية

بدأ التشغيل الكامل لأول محطة طاقة نووية، كوري 1، في البلاد منذ عام 1978، عندما كانت البنية التحتية التنظيمية الخاصة بالسلامة النووية لاتزال في مراحلها الأولى تحت إدارة وزارة العلوم والتكنولوجيا. وابتداءً من أوائل سبعينيات القرن العشرين، دعت وزارة العلوم والتكنولوجيا المستشارين الأجانب، وهؤلاء قدموا خدمة ثمينة للبنية التحتية التنظيمية النووية الكورية. وأرسلت الوكالة الدولية للطاقة الذرية أول بعثة من

خبراء السلامة إلى كوريا الجنوبية في عام 1973، وكانت تتكون من أربعة خبراء، هم: موريس روزين من مفوضية الرقابة النووية الأمريكية، وآبيل غونزاليس من المفوضية الوطنية الأرجنتينية للطاقة الذرية، وموراي دنكان من مجلس الرقابة على الطاقة الذرية بكندا، وإشيكاوا ميتشيو من معهد بحوث الطاقة الذرية الياباني. وكانت مهمتهم الرئيسية هي تنبيه السلطات الكورية الجنوبية إلى أهمية البنية التحتية التنظيمية المحلية الخاصة بالسلامة النووية، بدءاً بمراجعة تقرير التحليل الأوّلي للسلامة الخاص بمحطة كوري 1. فمصالح شركة وستنجهاوس، التي ورّدت النظام النووي للتزويد بالبخار، لا تتطابق دائماً مع مصالح الجانب الكوري. والجدير بالذكر أن موريس روزين، عضو البعثة المذكورة، عاد مرة أخرى إلى كوريا الجنوبية في عام 1974، وعمل فيها لأكثر من عام بصفته خبيراً في مجال السلامة النووية لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية. والواقع أن فهم روزين للمسائل التقنية، وللثقافة والعقلية الكورية، قد أكسبه الكثير من الاحترام والصداقة، ما ساهم كثيراً في تعزيز ثقافة السلامة النووية لدى الكوريين في مراحل مبكرة. وفي وقت لاحق عمل روزين في منصب نائب المدير العام للسلامة النووية بالوكالة الدولية للطاقة الذرية في تسعينيات القرن العشرين، وهو منصب جديد تم استحداثه بعد حادثة تشرنوبل.[4]

يعدّ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري المؤسسة النووية الوحيدة إلى جانب شركة كيبكو، المشغِّل النووي، وكان متوقعاً منه أن يتولى الدور القيادي في تقييم تقنيات السلامة لإحدى محطات الطاقة النووية العملاقة الجديدة مستقلاً عن المشغِّل النووي. وكانت المهمة الأولى هي محاولة فهم الكيفية التي بُني بها بناء المحطة ومعايير السلامة التي استندت إليها. وفي منتصف سبعينيات القرن العشرين، تم إنشاء العديد من الأقسام الجديدة بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لدراسة جوانب السلامة في محطات الطاقة النووية، ومن هذه الأقسام: مختبر هيدروحراري للحوادث الخطيرة، ومختبر لتصميم الوقود النووي لإدارة الوقود في قلب المفاعل، ومختبر الميكانيكا التطبيقية للتحليل الزلزالي والهيكلي للمكونات الرئيسية لنظام النووي للتزويد بالبخار، ويدير هذه المختبرات مهندسون كوريون جدد تلقوا تعليمهم في الولايات المتحدة في جامعات

مشهورة؛ مثل معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT، ومعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، ومعهد رينسيلير للبوليتكنيك، وجامعة ولاية بنسلفانيا. وكانت الحكومة الكورية في منتصف سبعينيات القرن العشرين حريصة على اجتذاب مواطنين كوريين رفيعي التعليم والخبرة من الولايات المتحدة، عندما كانت البلاد بصدد بناء أولى محطاتها النووية، فمنحتهم امتيازات خاصة؛ مثل توفير الإسكان والنقل لهم على حساب الشركة الموظفة لهم.

ونتيجة لحادث جزيرة ثري مايل TMI في إبريل 1979 في ولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة، ازداد الوعي العالمي بالسلامة النووية. وتم إدخال المئات من عناصر خطة العمل الخاصة بحادثة جزيرة ثري مايل، وطبقتها مفوضية الرقابة النووية الأمريكية والصناعات النووية في جميع أنحاء العالم، الأمر الذي أدى إلى إنشاء معهد مشغِّلي الطاقة النووية INPO في الولايات المتحدة. كان ذلك صدمة كبيرة للقطاع النووي الكوري في ذلك الوقت؛ لأن الحادث وقع في الولايات المتحدة في محطة للطاقة النووية من نوع مفاعلات الماء المضغوط التي توفرها شركة بابكوك آند ويلكوكس (وإن لم تكن من الشركة نفسها، وستنجهاوس، التي حصلت منها كوريا الجنوبية على مفاعل كوري 1) . لقد كان صوت الإنذار والتنبيه للسلامة النووية عالياً وواضحاً عندما تسببت مسألة «إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري» في بحث مُضنٍ عن حلول بديلة في عام 1981. وكانت المهمة الرئيسية لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على وشك التحول من مجال العلوم الأساسية إلى مجال السلامة النووية.

في أواخر عام 1980 استقبل كانغ، المدير العام لمكتب تطوير الطاقة الذرية، المدير بمكتبه بوزارة العلوم والتكنولوجيا زائراً خاصاً من الولايات المتحدة، وكان بصحبته مسؤول شؤون العلوم بالسفارة الأمريكية، روبرت ستيلا، هذه المرة أيضاً. كان الزائر هو الدكتور ديفيس، وهو مسؤول رفيع المستوى بوزارة الطاقة الأمريكية، وكان، فيما يبدو، متفقاً مع إصرار كانغ على ترك الجدال حول استخدام الطاقة النووية السلمي لمعهد بحوث

الطاقة الذرية الكوري. أدلى الدكتور ديفيس بحجة، إذ وصف حالة الرقابة النووية الكورية بأنها أشبه بحالة «رجل أعمى يقف على حافة جرف دون أن يدري أن خطوة واحدة إلى الأمام ستُلقي به في الهاوية»، وذلك لتهويل انعدام البنية التحتية التقنية في إدارة سلامة الطاقة النووية، وخصوصاً بعد حادثة جزيرة ثري مايل. ومن الواضح أن كانغ وديفيس قد توصلا إلى اتفاق لتوفير الدعم للسلامة النووية في كوريا على وجه السرعة، فيما يتعلق بتدريب القوى العاملة في مجال السلامة النووية، وإقامة خط هاتفي ساخن في وزارة العلوم والتكنولوجيا/ مفوضية الرقابة النووية الأمريكية في حال وقوع حوادث، وإعداد إجراءات التدريب على حالات الطوارئ.

كان كانغ واثقاً بالفوز بقضية بقاء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، فاتصل برئيس المعهد تشا هونغ-هي، ليخبره بالتغييرات الوشيكة التي ستطرأ على اسم المعهد (الاندماج مع المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي) ونقله إلى موقع دايدوك، والحاجة إلى إنشاء مركز جديد للسلامة النووية. ولم يكن باستطاعة كانغ في تلك اللحظة أن يفصح عن الأسباب الحقيقة وراء الاستعجال في تنفيذ هذه التغييرات التاريخية، ولم يجرؤ أحد على السؤال. وكان على تشا هونغ-هي أن يقوم بمساومة صعبة مع وزارة العلوم والتكنولوجيا بشأن التزام الحكومة بتوفير التمويل لمفاعل بحوث جديد في دايدوك، كشرط لتغيير الاسم وإيقاف تشغيل مفاعلَي البحوث تريغا مارك 2 و3 قبل الانتقال إلى دايدوك. تم تشكيل فريق عمل في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليضطلع بإنشاء مؤسسة جديدة تُعنى بتكنولوجيات السلامة النووية، فقاد ذلك إلى افتتاح مركز السلامة النووية بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري رسمياً في فبراير 1982، واختيار كيم دونغ-هون أول مدير له. أدى مركز السلامة النووية دوره في إجراء مراجعة للرقابة النووية التقنية، وخدمات التفتيش لصالح وزارة العلوم والتكنولوجيا، إلى أن أصبح مستقلاً تماماً عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1990، وأصبح اسمه المؤسسة الكورية للسلامة النووية.[5]

مع أخذ جميع العوامل في الاعتبار، فإن أزمة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري التي هددت وجوده في عام 1980، ويبدو أن حكومة تشون دو-هوان العسكرية الجديدة كانت وراءها، قد وجدت حلاً أخمد نيرانها، ويرجع الفضل في ذلك أولاً إلى العديد من موظفي الخدمة المدنية المخلصين، كأمثال كانغ. وكانت البدائل الاستراتيجية مكونة من ثلاث نقاط: إجراء تغيير في الاسم من «الطاقة الذرية» إلى «الطاقة المتقدمة»، والالتزام بنقل المعهد من مجمّع تاينونغ إلى دايدوك، إلى جانب إنشاء مركز السلامة النووية الجديد في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ويبدو أن هذه النقاط كانت مقنعة بما فيه الكفاية للوزير «لي» والبيت الأزرق (مقر رئيس جمهورية كوريا الجنوبية). علاوة على ذلك، لابد من أن هذه البدائل قد أعطت الولايات المتحدة ثقة كافية بأن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد أعيدت هيكلته حقاً ليمحو أي شكوك سابقة سادت في سبعينيات القرن العشرين حول الانتشار النووي، بمجرد وضع الإجراءات الكافية لضمان الشفافية.

إن التاريخ مليء بالمفارقات. ولعل قصة إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الدرامية كادت أن تبرهن على أنها «نعمة مستترة»؛ لأن تحولات الأحداث اللاحقة تكشفت عن عملية توطين سلمي وتجاري حقيقي لتقنيات الطاقة النووية في كوريا الجنوبية خلال السنوات الثلاثين التالية.

شكوك عالقة

بالرغم من أن برنامج معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الخاص بالمعمل التجريبي لدورة الوقود وبإنشاء مفاعل لاختبار المواد النووية، قد انتهى رسمياً بحلول عام 1975، فقد تطلب الأمر سنوات عديدة لتفعيل البرامج البديلة تفعيلاً كاملاً، نتيجة لإعادة تخصيص الميزانيات والقوى البشرية في أواخر سبعينيات القرن العشرين. وكان الشعور الشعبي تجاه تطوير القدرة النووية الكورية مازال موجوداً بين البعض بحجة أنه «حق سيادي» أو «دفاع عن النفس». وصدر كتاب خيال بعنوان **زهرة موغونغهوا تتفتّح** (وموغونغهوا هي الزهرة الوطنية لكوريا)، من تأليف كيم جن-ميونغ، وكان من الكتب

الأكثر مبيعاً في كوريا الجنوبية في تسعينيات القرن العشرين. تدور قصة هذا الكتاب حـول برنامج نووي وطني وهمي يقوده عالم فيزياء الجسيمات الأوليـة المبجّـل، الكـوري المولـد، الدكتور بنجامين ويسوه لي (1935–1977) بسبب وفاته المفاجئة في حادث سـير غـامض بولاية إلينـوي الأمريكيـة في عـام 1977. وبثـت هيئـة الإذاعـة الكوريـة بـرامج وثائقيـة تلفزيونية خاصة خلال شهر العلوم حول «أسرار لي ويسوه»، وذلك في إبريل 2010، بعـد مرور 33 عاماً على وفاته، فوضعت بذلك حداً للتكهنات بـأن وفاتـه مرتبطـة بطريقـة مـا بمؤامرة لإيقاف برنامج كوريا النووي. وثبت أخيراً أن سبب وفاته كان حـادث سـيارة لا أكثر، ما حفظ سمعته الحسنة كأحد كبار علماء العالم، وبرّأ اسـمه مـن أي علاقـة ببرنـامج للوقود النووي. وبدأت حملة وطنية لإنشاء «مركز لي ويسوه للفيزياء» في كوريا لأغـراض البحث العلمي فقط، تكريماً للعالِم الراحل.

لقد كانت الحكومة الأمريكية تقوم بـدور يقـظ في منـع الانتـشار النـووي العـالمي، وبالأخص في مناطق مثل شبه الجزيرة الكورية، وخلال الأوقات المضطربة التـي شـهدت تغيرات سياسية خلال الفترة 1975–1995. ولعبـت الـسفارة الأمريكيـة في سـيول دوراً حاسماً في مراقبة الأنشطة النووية الرئيسية في البلاد ورصدها. وكان الملحقون المـسؤولون عن شؤون العلوم بالـسفارة الأمريكيـة، بـلا اسـتثناء، مـن أصـحاب الخـبرة/ الخلفيـات النووية، حيث جاءوا من مختـبرات وزارة الطاقـة الأمريكيـة أو مفوضـية الرقابـة النوويـة الأمريكية أو الوكالات الاستخباراتية. لذا نجد أن ملحقي شؤون العلوم، روبرت سـتيلا (1976–1980) وروبرت ليماتاينين (1981–1984) وجـيروم (سـام) بوسـكين (1984–1988) وكينيث كوهين (1989–1993) وكينيث كروشر (1993–1996)، كانوا جميعاً من أصحاب الدراية والمعرفة في مجال التكنولوجيات النووية، كما أنهم معروفون جيـداً داخـل المجتمع النووي الكوري. ومنذ أواخر تسعينيات القرن العشرين، تغـيرت خـبرة/ خلفيـة مستشاري شؤون العلوم بالسفارة الأمريكية في سيول مـن المجـال النـووي إلى التقنيـات الأخرى، دلالة على تغير الاهتمامات الأمريكية وتحولها عن دور المراقبة والرصد. وكانـت إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري «باباً مفتوحاً» لجميـع الزائـرين الأجانـب ذوي

الصلة فيما يتعلق بشرح وتوضيح ما يحدث وماهية الخطط المستقبلية منذ عام 1980. وظل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري متمسكاً بسياسة الباب المفتوح، من أجل تعزيز الشفافية في مسائل البحث والتطوير النووي، والتي كانت في وقت مضى سرية في المشاريع الخاصة خلال سبعينيات القرن العشرين. وكان مسؤولو شؤون العلوم بالسفارة الأمريكية يقومون بزيارات متكررة للمواقع النووية، بما فيها موقع دايدوك، عندما كان يجري بناء المركز النووي الجديد وكانت المنشآت الجديدة قيد التشغيل. وبحكم معرفة هؤلاء الملحقين بالمسائل النووية في الدول المضيفة، فقد كانوا قادرين على تقييم طبيعة برنامج البحث والتطوير النووي في كوريا الجنوبية في ذلك الوقت.

كان هناك شخص مشهور يتذكره العديد من موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وهو جون (فيل) كولتون، الذي كان يعمل بوكالة الحد من التسلح ونزع الأسلحة التابعة لوزارة الخارجية الأمريكية. ففي عام 1983 جاء كولتون إلى كوريا الجنوبية في مهمة للوكالة الدولية للطاقة الذرية بوصفه خبيراً في ضمان جودة الوقود النووي، حيث مكث ستة أسابيع بمجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في دايدوك، وكانت محطة تصنيع الوقود لمفاعل الماء الثقيل الذي أنشئ حديثاً (من نوع كاندو) في مرحلة التشغيل في ذلك الوقت. وقد ساعد كولتون في نقل عملية الإنتاج بمصنع الوقود التجريبي إلى مرحلة النضج، لكنه أصبح أيضاً أكثر إلماماً ومعرفة بمجمل ما يقوم به معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من عمليات. لقد نال ثقة مضيفيه مع نهاية إقامته في دايدوك، وتغلب على الشكوك المتبادلة التي شابت بداية مهمته. وقدم الخبرة في ضمان جودة تصنيع الوقود التي كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في أشد الحاجة إليها، بل زاد على ذلك بالمساعدة في إثبات شفافية الكوريِّين للعالم الخارجي، من خلال ردوده الإيجابية على الجهات الخارجية. ولعل ما كتبه في تذكّره لتلك الزيارة يسلط بعض الضوء على ملاحظاته الشخصية وما رآه في ذلك الوقت في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، حيث قال:

«عندما كنت هناك، كنت سعيداً بأن الدكتور هان بيل-سون قد جعل جميع المنشآت مفتوحة أمامي تماماً. لم يُطلَب مني أن "أفتش" المنشآت، لكن فتحها لي قد أزال الشكوك

> التي قد تحدث لو أن أجزاء من هذه المنشآت أُغلق أمامي. أتذكر أنك أنت (كيم بيونغ-كو) أيضاً أعطيتني الانطباع بالانفتاح، في حين تعامل معي الآخرون بشكوك في البداية. وبدا أنهم فوجئوا برغبة المدير (الدكتور هان) في أن يكون منفتحاً معي للغاية. وكان لابد من أن أكون أعمى لكي لا أرى منشآت، مثل منشآت الفصل بأعمدتها النبضية، لكن تلك كانت أيضاً تكنولوجيا ذات استخدام مزدوج تحتاج فيها الخردة الباردة، المأخوذة من منشأة صب المواد الخام في شكل كريّات، إلى إعادة إذابة وإعادة تدوير مرة أخرى في العملية، وهذه يمكن تبريرها. أؤكد مرة أخرى أنني كنت هناك بصفة خبير وليس مفتشاً. ومع ذلك، ما لاحظته من أفعال وانفتاح يمكن أن يؤثر/ سيؤثر في مواقف أولئك الذين يفحصون/ يبحثون في أنشطة أخرى في وقت لاحق».[6]

هناك زائر يقظ آخر أرسلته وزارة الخارجية الولايات المتحدة إلى دايدوك في عام 1985، وهو البروفيسور الأفروأمريكي ألان سيسوم (الحاصل على دكتوراه في الفيزياء من جامعة ييل)، الذي يعمل أستاذاً للفيزياء بجامعة هارفرد. وكان يستقصي الأسباب الحقيقية التي دفعت معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لاختيار شركة كرافتويرك يونيون KWU الألمانية بدلاً من شركة وستنجهاوس كشريك لنقل تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط، رغم أن وستنجهاوس قدّمت عرضاً مغرياً للغاية. وقد قال هان للبروفيسور سيسوم: «نعم، نحن قدّرنا العرض الممتاز الذي قدمته الولايات المتحدة بدرجة A، لكن الألمان قدموا الأفضل بدرجة A+». واسترسل ليقنع الزائر بالحاجة إلى بلوغ الاعتماد الذاتي التقني في مجال تكنولوجيا الوقود في دولة تفتقر إلى الموارد مثل كوريا. وبعد عدة زيارات قام بها سيسوم إلى دايدوك بدا مقتنعاً بهدف الكوريين، بشرط الحفاظ على سياسة الشفافية.[7]

تم عقد المزيد من اللقاءات الثنائية الرسمية بين حكومتي كوريا الجنوبية والولايات المتحدة منذ عام 1977، ممثَّلتين باللجنة الدائمة المشتركة لتقنيات الطاقة النووية وأنواع الطاقة الأخرى، برئاسة وزارة العلوم والتكنولوجيا الكورية ووزارة الخارجية الأمريكية. وكانت الاجتماعات السنوية تُعقَد في البلدين بالتناوب (في واشنطن العاصمة أو سيول)، وتطورت حالياً إلى اجتماع نووي ثنائي نموذجي (شهد عام 2009 الاجتماع الثالث

والثلاثين للجنة الدائمة). لقد ساهم هذا المنتدى مساهمة كبيرة في توفير رابط بين المؤسسات النووية غير التجارية في البلدين، ومن ثم في بناء الثقة من خلال سياسات الشفافية التي انتهجها الطرفان في جميع جوانب التقنيات النووية. ومن خلال منبر اللجنة الدائمة المشتركة لتقنيات الطاقة النووية وأنواع الطاقة الأخرى، كان العديد من الخبراء التقنيين من المختبرات الوطنية التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية ومفوضية الرقابة النووية الأمريكية يتبادلون الزيارات التقنية مع نظرائهم الكوريين. وقد كان أليكس بيركارت (دكتوراه في الهندسة النووية) أشهر شخص من وزارة الخارجية الأمريكية في هذا التعاون الثنائي، حيث عمل في اللجنة الدائمة المشتركة لتقنيات الطاقة النووية وأنواع الطاقة الأخرى لأكثر من ثلاثين عاماً، بوصفه ممثلاً للولايات المتحدة منذ البداية، وقدّم الخبرة النووية، كما منح اللجنة الدائمة الاستمرارية. لقد أصبح واضحاً للجميع أن الخيار الأفضل لكسب الثقة في الاستخدامات السلمية للبحوث النووية هو الحفاظ على الشفافية المطلقة، مع العمل على بناء علاقات صداقة. فهذا التوجه أرسى أساساً متيناً لجهود الاعتماد الذاتي التقني في مجال الطاقة النووية خلال العقود المقبلة.

الفصل الثالث

المنقـذون

الأكاديميات العسكرية

لابد لأي برنامج نووي وطني كبير من أن تكون له أبعاد عسكرية في جوانـب عـدة، هي: الروابط السياسية، والروابط التقنيـة، والـروابط البـشرية. فعقـب إطـلاق مـشروع مانهاتن بعد الحرب العالمية الثانية مباشرة، شرعت القوى الكبرى في تنفيـذ بـرامج وطنيـة للتطوير النووي بغرض تصنيع الأسلحة ومنظومات الدفع النووي، عـلاوة عـلى الطاقـة النووية التجارية. ومن الصعب اكتشاف برامج الأسلحة النووية، لأنها تحاط بسرية كاملة. ومع ذلك، وبعد ظهور الاستخدامات الـسلمية للطاقـة النوويـة، خـصوصاً بعـد إعـلان «الطاقة الذرية من أجل السلام» في عام 1953 وإنشاء الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 1957، بدأت هذه البرامج تخرج إلى العلن في عالم مفتـوح وشـفّاف مـن أجـل المزيـد مـن التعاون والتطوير.

كان الشخص الأبرز الذي بادر إلى إقامة برنامج المفاعلات النووية في وقت مبكـر في الولايات المتحدة هو الأدميرال هـايمان ريكـوفر (1900-1986، خـرِّيج الأكاديميـة البحرية الأمريكية عام 1922) من البحرية الأمريكية. لقد ترك سمعة أسطورية بفـضل تطويره نظام الدفع النووي لأسطول الغواصات النووية، ولأنـه رسـخ ثقافـة الـسلامة والجودة الأعلى مستوى في صناعات الطاقة النووية للأجيال المقبلـة. لقـد شـكّل نظـام الدفع الذي طوّره للغواصات بداية لنظام مفاعل الماء المضغوط الحديث، الـذي قامـت شركة وستنجهاوس بتطويره أكثر وتسويقه. واليوم تعد مفاعلات المـاء المـضغوط هـي النوع المعتمد في مفاعلات الطاقة النووية في العالم (نحو 70 في المئة مـن إجمـالي محطـات

الطاقة النووية العاملة في العالم). ومنحت شركة وستنجهاوس ترخيصاً بتقنية المفاعلات هذه لكل من شركة فراماتوم الفرنسية وشركة ميتسوبيشي اليابانية. والعديد من قدامى جنود البحرية النووية الأمريكية قدّموا خدمة لصناعات الطاقة النووية الأمريكية كقيّمين وأوصياء على ضمان الجودة والسلامة، فأصبحت الجودة والسلامة سمات مرادفة لصناعات الطاقة النووية. كما أن نائب الأدميرال كاسترو ماديرو في البحرية الأرجنتينية، كان الشخص المؤسس للبرنامج النووي الأرجنتيني، حيث تولى منصب رئيس المفوضية الوطنية الأرجنتينية للطاقة الذرية (1976-1983)، وطوّر برامج الوقود النووي والطاقة النووية المحلية في سبعينيات القرن العشرين. هذه بعض الأمثلة على مساهمة الأكاديميين العسكريين (معظمهم من البحرية) في تطوير الطاقة النووية في جميع أنحاء العالم. وفي الواقع، تقدم معظم المؤسسات الأكاديمية العسكرية، ضمن مناهجها المنتظمة عن «الاستراتيجية النووية»، فصولاً دراسية لضباطها العسكريين المستقبليين، تشمل أساسيات الأسلحة النووية ومخاطر الإشعاع والطاقة النووية لإنتاج الكهرباء،... إلخ.

بدأ برنامج الطاقة النووية في كوريا في أواخر ستينيات القرن العشرين، بإنشاء محطة كوري 1 النووية في عهد إدارة الرئيس بارك تشونغ-هي (خريج الأكاديمية العسكرية اليابانية في منشوريا في عام 1942، حين كانت كوريا مستعمرة يابانية). ويتذكر الناس الرئيس بارك بأنه الزعيم السياسي الذي أخرج كوريا الجنوبية من دائرة الجوع والفقر، وأرسى الأساس للتصنيع الموجه إلى التصدير من بلد يعتمد على الزراعة. كما أنه أدرك أهمية الاستقلال في مجال العلوم والتكنولوجيا والطاقة، بما في ذلك إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية، منذ أزمة النفط الأولى في عام 1973. وأدى اغتياله في عام 1979 إلى مجيء حكومة عسكرية أخرى برئاسة تشون دو-هوان خلال العقد التالي. وعلى الرغم من النكسات السياسية في الحياة الديمقراطية، فقد أثبت التاريخ أن هذه الحكومات العسكرية أرست أساساً متيناً لاقتصاد مزدهر من الطراز العالمي (الانضمام إلى منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية عام 1995، ومجموعة العشرين عام 2009)، إلى جانب وجود

ديمقراطية مدنية في الوقت نفسه. واسترجاعاً لما حدث خلال ثمانينيات القرن العشرين في عهد حكومة تشون، فقد شهد الاقتصاد الوطني الكوري نمواً قياسياً مستقراً، مصحوباً بتوسع كبير في برنامج الطاقة النووية على أساس تكنولوجيات محلية مكتفية بذاتها. وخلال هذه الفترة، هناك العديد من الشخصيات الرئيسية التي اضطلعت بدور حاسم في صياغة السياسات النووية ونقلها من سياسات معتمدة على التقنية الأجنبية إلى تشييد البنية التحتية المحلية منذ عام 1980. وهؤلاء هم حسب مناصبهم: بدءاً بالرئيس تشون دو-هوان (1980-1988)، ثم وزير العلوم والتكنولوجيا كيم سونغ-جين (1985-1986)، ثم رئيس شركة «كيبكو» بارك جونغ-كي (1983-1987، الملقب بـ«روكي بارك»)، ثم رئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري هان بيل-سون (1984-1991). لقد قدّم هؤلاء الأربعة مساهمات شخصية فريدة في ثمانينيات القرن العشرين في وضع الأسس التي تمكّن من توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا الجنوبية؛ علماً بأن جميعهم جاؤوا من الأكاديميات العسكرية في كوريا. كان تشون وكيم زميليْ دراسة في الدفعة الحادية عشرة بالأكاديمية العسكرية الكورية في عام 1955، وكان بارك في الدفعة الرابعة عشرة بالأكاديمية العسكرية الكورية في عام 1958، في حين تخرج هان في أكاديمية السلاح الجوي في عام 1957. فخلال الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، عندما كانت كوريا لاتزال تعيش فقراً اقتصادياً عقب الحرب الكورية المدمرة، اختار العديد من خريجي المدارس الثانوية الأذكياء الالتحاق بالأكاديميات العسكرية لمواصلة التعليم الجامعي بدلاً من الجامعات المرموقة مثل جامعة سيول الوطنية. وقد ترك العديد من خريجي الأكاديميات العسكرية بصماتهم في مجال العلوم وإدارة التكنولوجيا، وبمستوى عالٍ من التميُّز خلال التطورات الاقتصادية السريعة غير المسبوقة، والتي بدأت منذ سبعينيات القرن العشرين.

سيكشف هذا الكتاب عن قصة تكنولوجيا الطاقة النووية، وكيف تم صونها من السياسة في أوقات مضطربة كانت تمر بها دولة نامية مثل كوريا الجنوبية، وكيف كان

يقودها تشون وكيم من خلف الكواليس، وينسقها هان وبارك بوصفهما رئيسيْ معهد البحوث النووية الوطني وشركة الطاقة الكهربائية النووية الوحيدة، على التوالي، خلال ثمانينيات القرن العشرين.

وبالرغم من أن السجلات الدبلوماسية العليا للأيام الأولى من إدارة تشون لم تُرفع عنها السرية بعد، فإننا يمكن أن نطرح الافتراضات التالية:

لابد من أن النظام العسكري في عام 1980 كان في حاجة ماسة إلى الحصول على اعتراف أمريكي به ليمضي في إجراءات إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ما أدى إلى إزالة كلمة «الذرية» من الاسم الرسمي للمعهد، والقيام بأشياء أخرى. وبدا ذلك أمراً قاسياً على تشون، وعلقماً يصعب عليه ابتلاعه، ونكسة كبيرة لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وقتها. ومع ذلك، اتضح في العقد التالي أن الوضع كان عكس ذلك تماماً. ولابد من أن الرئيس تشون قد شعر بأسف شخصي تجاه العاملين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، لما كان يجب عليه أن يفعل. إن سياسته المتعلقة بتطوير تقنية الطاقة النووية تقدِّم أدلة وافرة تؤكد التزامه بتحقيق الاعتماد الذاتي التكنولوجي من خلال تعيين الكوادر المناسبة في الوظائف الرئيسية، مثل هان وبارك، وبصلاحيات كاملة. كان كيم سونغ-جين هو الشخص المهم الآخر الذي قام بدور المستشار للرئيس تشون في الشؤون النووية، وكان تشون يثق ثقة مطلقة بتوصيات كيم التي يرفعها له.

لقد كان كيم معروفاً بين جميع خريجي الأكاديمية العسكرية الكورية، ليس بسبب تفوقه الأكاديمي فحسب، بل لأنه كان أيضاً طالباً عسكرياً محترماً للغاية بفضل شخصيته وصفاته القيادية. وعندما اندلعت ثورة 16 مايو العسكرية في عام 1961 بقيادة الجنرال بارك تشونغ-هي، كان كيم يعمل أستاذاً في الأكاديمية العسكرية الكورية، وكان معترضاً على الثورة انطلاقاً من مبدأ عدم إنخراط الأكاديمية العسكرية الكورية في السياسة؛ ونتيجة لهذا الحدث عمل النظام العسكري الجديد على تهميشه، وفقد فرصة الترقية إلى رتبة جنرال، وأُرسل للدراسة في الخارج، حيث حصل على درجتي الماجستير والدكتوراه

في الفيزياء والهندسة الميكانيكية من جامعتي إلينوي وفلوريدا، على التوالي. وكانت تلك أول حالة يُرسَل فيها ضابط عسكري كوري إلى الخارج للحصول درجة الدكتوراه. وقد التقى بهان بيل-سون كزميل دراسة في جامعة إلينوي عندما كانا يدرسان الفيزياء معاً بمنحة من الحكومة الكورية لضباط الجيش. وتشاركا معاً في السكن الجامعي نفسه، حيث كانا يظلان مستيقظان إلى وقت متأخر من الليل يناقشان الواجبات الأكاديمية المنزلية، وكثيراً ما كانا يتجادلان فيما بينهما. وقد لعبت الصداقة والثقة المتبادلة بينهما دوراً مهماً خلال السنوات المفعمة بالنشاط والحيوية في تاريخ البرنامج النووي الكوري في ثمانينيات القرن العشرين.[1]

كان كيم يمثل رجل المهام لتشون في واشنطن في الحصول على الاعتراف الدبلوماسي من الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1980، وعمل لفترة وجيزة وزيراً للعلوم والتكنولوجيا من 1985 إلى 1986. ويُعرَف كيم بأنه كان مرشداً خاصاً لتشون وبارك وهان، حيث كان يقدّم لهما نصائح مهمة من وراء الكواليس في مجالات العلوم والتكنولوجيا، وبالأخص فيما يتعلق بصنع القرارات الخاصة بالسياسة النووية، وكانت القيادة العليا تمحنه ثقة فائقة. وبتوجيه من كيم، الذي كان أحد اللاعبين الرئيسيين في أشد فترة تحوّل في كوريا الجنوبية في ثمانينيات القرن العشرين، تم التركيز على تطوير تكنولوجيا الطاقة النووية من خلال الاستعانة بعقول العاملين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وقدرات شركة كيبكو المالية والإدارية. ومن المؤسف جداً أنني لم أتمكن من رفد هذا الكتاب بمقابلة شخصية مع كيم، وذلك بسبب وفاته المفاجئة في عام 2006.

ورغم كل شيء، صنع تشون وكيم وبارك وهان جزءاً من تاريخ فريد لا مثيل له في أي دولة نامية خلال ثمانينيات القرن العشرين، من حيث تحقيق حلم الاستقلال التقني في مجال الطاقة النووية، والتغلب على النقص المضاعف في القوى العاملة المتمرسة والوقت والمال. وسيوضح هذا الكتاب كيف أن كيم قدّم الدعم للسياسات العامة من وراء الكواليس، بينما نجح هان وبارك في تحقيق أهداف المشاريع، والاعتماد الذاتي في التكنولوجيا، كقائدين في مجاليهما.

المدير الجديد لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري

وُلِد هان بيل-سون في عام 1933 بمنطقة غانغسيو بكوريا الشمالية، ولجأ إلى كوريا الجنوبية خلال الحرب الكورية وهو في أواخر العقد الثاني من عمره. وبعد تخرجه في أكاديمية القوات الجوية في عام 1957، واصل دراسته العليا في الفيزياء بجامعة إلينوي (الماجستير) وجامعة كاليفورنيا بريفرسايد (الدكتوراه)، بواسطة منحة مقدمة من حكومة جمهورية كوريا. وكان العديد من الطلاب الشباب النجباء قد اختاروا الالتحاق بالأكاديميات العسكرية في خمسينيات القرن العشرين، لأن معظم الجامعات التقليدية لم تكن قادرة على مواصلة العمل بالبرامج الأكاديمية العادية خلال فترة الحرب الكورية. وقد اقتنع رؤساؤه في أكاديمية القوات الجوية بتفوقه الأكاديمي الباهر، فمنحوه فرصة لمواصلة الدراسات العليا بدلاً من انتظامه في مهنة عسكرية حقيقية. وعند عودته من الولايات المتحدة، عمل في وكالة تطوير الدفاع التابعة لوزارة الدفاع في دايجون لمدة 12 عاماً. وكان واحداً من أشهر الذين نجحوا في توطين العديد من المعدات العسكرية، مثل القنابل اليدوية والخوذات المضادة للرصاص وإصلاح خلل الأسلحة العالية التقانة، مثل مدفع فولكان في سبعينيات القرن العشرين. وتجلّت موهبته في ابتكار التصاميم الجديدة لتناسب متطلبات الوضع الميداني الكوري، ثم قدرته على إكمال مهام الانتشار الميداني الكامل. وكان يعرف كيف يحفز الناس من حوله ليتفوقوا على أنفسهم، ويكسبوا الثقة الكاملة. لقد كان أحد العلماء اللامعين المعترف بهم من جانب وزارة الدفاع والبيت الأزرق (مقر الرئاسة في جمهورية كوريا الجنوبية)، في إطار سياسة الاعتماد على الذات في مجال الدفاع الوطني خلال عهد الرئيس بارك تشونغ-هي، وترقى إلى رتبة عقيد في القوات الجوية ونائب لرئيس وكالة تطوير الدفاع، وهو في الأربعينيات من عمره.

كان تعيين هان نائباً لرئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكورية ومسؤولاً عن مركز دايدوك الهندسي (المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي القديم في موقع دايدوك) في مارس 1982 مفاجأة، حتى له هو شخصياً (كان عمره 49 عاماً)، في وقت كانت وكالة

تطوير الدفاع تخضع لعملية تقليص كبيرة للعمالة عقب تولي الحكومة العسكرية الجديدة مقاليد الحكم في عام 1980. رحب هان بالفرصة الجديدة للعمل في معهد بحوث الطاقة الذرية، لكونه عالماً في الفيزياء النظرية تثير إلهامه ميكانيكا الكم والفيزياء النووية. وتصادف قدوم هان إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مع بلوغ المعنويات في المعهد أدنى مستوياتها منذ إعادة هيكلته إبان حكومة الرئيس تشون الجديدة، التي جاءت إلى الحكم بعد عام واحد من إزالة كلمة «الذرية» من اسم المعهد. وكانت وزارة العلوم والتكنولوجيا قد شرعت في تقليص ميزانية البحوث من دون رحمة، وذلك بسبب الشكوك المحيطة ببرنامج البلوتونيوم في السابق، ولم تكن الوزارة قادرة على تقديم دعم فعال لمنشأة الطاقة النووية الجديدة. وتقدم العديد من العلماء الأكفاء باستقالات طوعية من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بحثاً عن فرص أفضل في الجامعات. وكان مجمّع مركز دايدوك الهندسي عند الساعة الخامسة مساءً أشبه بالساحة المهجورة، ما يُعطي دلائل واضحة على حالة التدهور التي يمر بها المركز. وفي بداية عام 1982 تأكدت الخطط الحكومية الرامية إلى نقل مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري القديم في تاينونغ، وبدأ مركز ثقل المعهد يتحول من سيول إلى دايدوك، على الرغم من أن رئيس مركز دايدوك الهندسي كان يتبع لرئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في سيول في ذلك الوقت. ولم ينتقل طوعاً إلى دايدوك سوى القليل من أقسام البحوث، بينما أظهر موظفو معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الموجودون في سيول عدم رغبتهم في الانتقال بعيداً عن سيول. وكان مفهوماً أن مدينة دايدوك للعلوم تفتقر إلى معظم البنية التحتية البحثية والعمرانية في أوائل ثمانينيات القرن العشرين.

وما إن وصل هان إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري حتى اكتشف الروح السلبية التي تكتنف موظفيه في ذلك الوقت. وهنا بدأت قدراته الإدارية الفريدة تُحدِث التغيير، وتُظهر مهارته في تحفيز موظفيه بتحويل الروح الانهزامية السلبية إلى سلوك إيجابي فعال، باتّباع نهج التدرج في التغيير. تمثلت مهمته الأولى في إعادة هيكلة مشاريع البحوث

القائمة، والتي كانت تبلغ تكلفتها المالية نحو 5 ملايين دولار موزعة على أكثر من 40 مشروعاً مختلفاً (كان يعمل بمركز دايدوك الهندسي التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري نحو 300 موظف في عام 1982). ويستذكر المرء مشروع «ولسونغ للوقود» الذي بدأ بداية جيدة في عام 1980 خلال عهد المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي، قبل وصول هان بفترة قصيرة. وكانت مهمة ذلك المشروع هي إنتاج نماذج أصلية لحزم الوقود النووي في غضون عامين. غير أن معظم أعضاء فريق المشروع لم تكن لديه أي رؤية مستقبلية تتخطى الإنتاج الإيضاحي لعملية التحميل الحقيقي في مفاعل ولسونغ للطاقة النووية. لقد استطاع هان تحفيز الفريق من خلال تعديل الخطة من عامين إلى خمسة أعوام، من أجل بلوغ الهدف النهائي بتحميل محطة ولسونغ النووية، وإنتاج وقود كافٍ لتزويد قلب المفاعل (كانت وحدة ولسونغ 1 تحت التشييد، ومن المقرر أن يبدأ تشغيلها التجاري بحلول عام 1983). وبحلول منتصف عام 1982، تم دمج أكثر من نصف ميزانية معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ومركز دايدوك الهندسي ومواردهما البشرية في مشروع واحد، هو مشروع «ولسونغ للوقود»، الذي يعمل فيه 150 موظفاً بدوام كامل. وتم تنظيم فريق المشروع على النحو الموضح أدناه، حيث كان هان نفسه يتولى الإدارة الكاملة للمشروع، ثم يأتي رؤساء الفرق. وكانوا جميعهم في الثلاثينيات والأربعينيات من أعمارهم (مواقعهم الحالية موضحة بين الأقواس):

- تصميم الوقود: سوك هو-تشون (يعمل الآن مع مفوضية الرقابة النووية الكندية).
- تصنيع الوقود: سوه كيونغ-سو (توفي عام 1988 بعد إكمال المشروع).
- إدارة قلب المفاعل: كيم سيونغ-يون (عمل رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال 1996-1999).
- اختبار الوقود دون تشعيع out-of-pile test: كيم بيونغ-كو (مؤلف هذا الكتاب، ونائب رئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في تسعينيات القرن العشرين، ومدير الوكالة الدولية للطاقة الذرية خلال 2002-2008).

- تحويل اليورانيوم: تشانغ إن-سون (عمل رئيسياً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال 1999-2005).
- ضبط الجودة: لي غيو-آم (عمل لاحقاً نائباً لرئيس مؤسسة غايا GAIA مع هان بيل-سون).
- تنسيق المشاريع: نام جانغ-سو (يعمل الآن مديراً عاماً للجمعية النووية الكورية).

لم يشهد معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من قبل هذا العدد الكبير من الموظفين المتفانين والمتحمسين لإنجاز مهمة واحدة محددة، وهي تطوير وتوفير وقود نووي قابل للاستخدام في محطة ولسونغ للطاقة النووية. علينا أن نلاحظ أن جميع قادة الفرق احتلوا مناصب أعلى بكثير بعد الانتهاء من مشروع ولسونغ. كان المشروع «هندسة عكسية» في حقيقته؛ لأن تطوير القدرات المحلية لتوفير إمدادات الوقود بمساعدة كندية لابد من أن يكون باهظ التكاليف (طلبت شركة الطاقة الذرية الكندية مبلغ 25 مليون دولار كندي مقابل نقل التكنولوجيا). وهذا دفع الكوريين إلى المزيد من العزم والإصرار على تنفيذ العمل بأنفسهم؛ وذلك لأسباب واضحة منها توفير العملة الأجنبية النادرة، وكذلك لإثبات قدرتهم على إنجاز العمل من دون مساعدة. وتم تصنيع النماذج الأصلية لحزم الوقود النووي باستخدام كريات يورانيوم طبيعي، وقطع من أنابيب الزركونيوم. وقام فريق تحويل اليورانيوم، الذي يقوده تشانغ إن-سون، بتجهيز الحزمة الأولى من الكعكة الصفراء في موقع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وقد أنشأوا خط التجهيز الكيميائي بالاستعانة بالأوراق العلمية المنشورة، لكن لا توجد معلومات هندسية مفصلة في الأدبيات العلمية المتاحة، غير أنهم صمموا على النجاح في تشغيل مصنع تحويل تجريبي لإنتاج مسحوق أكسيد اليورانيوم (اللازم لعملية تصنيع الوقود) من مسحوق الكعكة الصفراء. وبتكرار التجربة والخطأ، طوّر فريق تشانغ تقنية محلية لعملية التحويل، وقد أصبحت الأساس لمصانع التحويل التجارية في شركة الوقود النووي الكورية في تسعينيات القرن العشرين. ويستذكر تشانغ رحلة خاصة كانت مع الدكتور هيلموت أسمان، الألماني المشهور المتخصص في عمليات تحويل اليورانيوم، إلى غيونغيو للحصول

على المعلومات التقنية الحاسمة. ونتيجة لفضول تشانغ الحقيقي بإظهار اعتزازه بنفسه كعالم، أعطاه أسهان المعلومات أخيراً، مع تعهد خطي باستخدامها في مشروع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري فقط.[2]

ولابد هنا من سرد حدث آخر من أحداث عملية التوطين في مشروع ولسونغ للوقود في عام 1981؛ إذ كان فريق مشروع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في ذلك الوقت في أمسّ الحاجة إلى الحصول على وقود مفاعلات كاندو وقناة الوقود الأصليَين، الموجودَين فقط في موقع بناء ولسونغ (كان ذلك قبيل العملية الأولية لتحميل الوقود في قلب المفاعل)، وذلك للتحقق من السلامة الهندسية/ الميكانيكية لنموذج الوقود الذي أنتجوه. فقرروا توجيه التماس إلى مكتب شركة كيبكو، وهم مدركون تماماً حجم الصعوبات أمام الوصول إلى الوقود النووي الذي مازال تحت سيطرة شركة الطاقة الذرية الكندية، لأن المشروع كان بالتعاقد على مبدأ تسليم المفتاح. توجّه إلى موقع ولسونغ فريق خاص من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (وكنتُ عضواً فيه) يحمل معه أدوات القياس، والتقى الفريق مدير موقع شركة كيبكو، سوه سونك-تشون، على انفراد، وأوضح له الحاجة إلى إجراء قياسات الوقود النووي لأغراض توطين الوقود. استمع سوه، وهو مهندس كهربائي من جامعة سيول الوطنية (عمل في وقت لاحق رئيساً للشركة الكورية لخدمات المنشآت والهندسة، وهي الشركة المتخصصة في صيانة محطات الطاقة النووية)، إلى الالتماس، ثم فكر لبعض الوقت، ثم طلب منا أن نعود في منتصف الليل، ما يوحي بتنفيذ عملية سرية في قبو وقود التخزين. لابد من أنه فكر في أن الدخول إلى القبو يستحق عناء المخاطرة من أجل مساعدة فريق توطين الوقود على التحقق من نوع وقود كاندو الذي صنّعه محلياً بمقارنته مع وقود كاندو الأصلي. أخذ الفريق قياسات الاختبار اللاإتلافي فقط، لأن أي اختبار يقوم على إتلاف المواد (اختبار إتلافي) يمكن أن يستدعي المساءلة من جانب الوكالة الدولية للطاقة الذرية. كانت عملية توطين الوقود قد دخلت مساراً حرجاً، وعلى فريق التوطين أن يمضي نحو الخطوة التالية؛ خطوة اختبار الوقود دون تشعيع. وكانت دورة الاختبار الحار لمحاكاة ظروف تدفق وقود ولسونغ يجري بناؤها في دايدوك مع قناة وقود ولسونغ بحجمها الكامل

وبمكونها الرئيسي المتمثل في أنبوب الضغط الذي تم توفيره من شركة كيبكو. إن القرار الجريء الذي اتخذه سوه للمساعدة في جهود توطين تصنيع الوقود كان بداية الانطلاق لمسيرة طويلة نحو الاعتماد الذاتي التقني في مجال محطات الطاقة النووية، كما نعلم اليوم. وفي مقابلة أجريتها مؤخراً مع سوه سألته عما دفعه إلى مساعدتنا في جهود توطين الوقود، مخاطراً مخاطرة واضحة بوظيفته الشخصية. فردَّ بقوله: «كنت أعلم أن من الصواب أن أساعد فريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، رغم أن ذلك قد يكون مخالفاً لشروط العقد. وبهدوء، اتصلت في تلك الليلة بجيري سوفكا، المدير الهندسي لشركة الطاقة الذرية الكندية المسؤول عن عهدة الوقود بالموقع، وشرحت له الحاجة إلى فحص الوقود. كان سوفكا نفسه مهندساً مهاجراً من جمهورية التشيك، وقد تفهَّم على نحوٍ ما الحاجة إلى توطين الوقود في دول نامية، ووافق على فتح القبو، بشرط إعادة حزم الوقود إلى مكانها في الوقت المحدد». وأضاف سوه، «اضطررتُ لإخطار الموظف المسؤول لأُخلي ضميري من شبهة القيام بسرقة أي شيء». لقد كانت تلك شهادة مهمة من مهندس عجوز، ولم يسلَّط عليها الضوء إلا هذه المرة بعد مرور ثلاثين عاماً على الحادثة. لقد شارك في هذا الحدث مهندسون من شركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الطاقة الذرية الكندية، دون علم تام بتداعياتها وآثارها البعيدة المدى التي ستستمر لعقود قادمة.[3]

كان رد الفعل الرسمي الأوَّلي من مكتب رئاسة شركة كيبكو سلبياً بعض الشيء، كما هو متوقع من أي شركة مرافق تقليدية. كان ردها ببساطة: «لابد من أنكم تمزحون، كيف يمكننا أن نثق بوقود نووي منتج محلياً وغير مجرّب لنخاطر بضمان أداء محطة ولسونغ؟»، وذهبت الشركة في ردها إلى أبعد من ذلك بالقول: «يجب عليكم أن تبرزوا وثيقة ضمان تحمل توقيع وزيرين (وزير الطاقة والموارد، ووزير العلوم والتكنولوجيا) لكي نسمح لكم بحرق الوقود المحلي». لقد كانت فجوة المصداقية بين شركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري واسعة، على أقل تقدير. وقد لعب وزير العلوم والتكنولوجيا، لي جيونغ-أو، دوراً تفاوضياً حاسماً في إقناع شركة كيبكو بأخذ الوقود المنتج محلياً لتحميل محطة ولسونغ به، بشرط أن يجتاز معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري جميع متطلبات اختبار

التحقق الذي تجريه شركة الطاقة الذرية الكندية، بالإضافة إلى موافقة الجهات الرقابية التنظيمية على الوقود المحلي. بدأ الاختبار دون تشعيع في دورة الاختبار الحار التي أنشئت حديثاً في دايدوك، وذلك للتحقق من السلامة الميكانيكية للوقود النووي تحت ظروف تدفق المفاعل. وبدأت مفاوضات جادة مع شركة الطاقة الذرية الكندية لإجراء الاختبار بالتشعيع في مفاعل البحوث الوطني الواقع في تشوك ريفر، والذي يتبع شركة الطاقة الذرية الكندية. وكان هان مصمماً على النجاح في مهمته الأولى.

بدأت حزم وقود الاختبار، الخاصة بمحطة ولسونغ، تصل إلى المحطة التجريبية لتصنيع الوقود في يناير 1982 تقريباً. وقد اجتازت جميع اختبارات المواصفات الفيزيائية والمادية في الظروف المحيطة بها. وكان الهدف التالي هو إثبات صمود الوقود تحت ظروف عمل مبرد المفاعل: درجة الحرارة المرتفعة، والضغط المرتفع، ومعدل التدفق، كما هي الحال في دورة ولسونغ الرئيسية. وفي الاتصال الأول طلبت شركة الطاقة الذرية الكندية نحو مليون دولار كندي لإجراء الاختبار دون تشعيع في مختبرها الهندسي الواقع في شيريدان بارك. ولكن الكوريين اعتقدوا أنهم بمثل هذا المبلغ المالي يمكنهم بناء دورة الاختبار الحار الخاصة بهم. فتم بناء دورة اختبار حار لتتم فيها عمليات الاختبار من دون تشعيع، وخصِّص لها مبنى سيارات مهجور في دايدوك، وقد استغرق بناؤها أقل من عام واحد. وتم تركيب قناة وقود مكتملة من نوع كاندو، في الدورة، لأغراض المحاكاة، ويعود الفضل في توفير أنبوب الضغط والتجهيزات الطرفية لشركة كيبكو وفريق شركة هيونداي العامل في تشييد محطة ولسونغ. وبعد اختبار لقوة التحمل استمر لمدة 2000 ساعة، اجتازت حزم الاختبار تلك الظروف القاسية. ونجحت في الاختبار الثاني الذي خضعت له في كوريا الجنوبية، في منشأة اختبار محلية وبقوة بشرية محلية أيضاً.

كانت الخطوة التالية والأخيرة هي إجراء اختبار بالتشعيع، حيث يحدث تفاعل انشطاري حقيقي للنيوترون. وكان المطلوب إثبات أن حزم الاختبار ستبلغ أيضاً مرحلة الاحتراق الكامل وتظل محافظة على سلامتها المادية/ الفيزيائية. وكان المكان الوحيد الذي

يمكن فيه إجراء اختبار بالتشعيع لحزم الوقود من نوع كاندو هو مفاعل البحوث الوطني الكندي في تشوك ريفر. طلبت شركة الطاقة الذرية الكندية 3 ملايين دولار كندي، وهو مبلغ يساوي إجمالي ميزانية البحوث لمدة عامين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في ذلك الوقت، وكان من الواضح أن ذلك أمر صعب المنال. وبعد لقاء بين هان وروبرت هارت (نائب رئيس شركة الطاقة الذرية الكندية) في مطار مونتريال للتفاوض حول السعر، تم التوصل إلى اتفاق لإجراء الاختبار بالتشعيع بتكلفة 400 ألف دولار كندي. وكان ذلك هو السعر الأقصى الذي أذن به الوزير «لي» للسيد هان. وبعد سبعة أشهر من الاختبارات بالتشعيع في مفاعل البحوث الوطني بكندا، أُعلِن أن حزم الوقود التي أنتجها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري «صالحة للاستخدام في المفاعلات»، ما يعني أنها اجتازت جميع اختبارات الأداء في أثناء التشعيع. كانت تلك النتائج كافية ونهائية لإقناع شركة كيبكو بجدارة الوقود النووي المحلي وصلاحيته للاستخدام في المفاعلات النووية. وأخيراً تم تحميل حزم وقود معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في مفاعل ولسونغ النووي في سبتمبر 1984، وتم تفريغها بعد عام لاحقاً. لقد كانت تلك لحظة فرح غامر لجميع الأعضاء في فريق مشروع ولسونغ.

زيارة الرئيس

حدثت مناسبة تاريخية في دايدوك في 12 إبريل 1983 تركت أثراً باقياً؛ فقد قام الرئيس تشون دو-هوان بزيارة شخصية مستعجلة إلى المحطة التجريبية لتصنيع الوقود التابعة لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وأطلعه هان على سير مشروع ولسونغ للوقود واقترابه من مرحلة التحميل، مستشهداً بمحادثتي الهاتفية من تشوك ريفر بكندا في اليوم السابق، والتي أخبرتهم فيها بأن حزم الوقود قد نجحت في الاختبار بالتشعيع. وبعد جولة فنية على خط الإنتاج، وجه تشون سؤالاً إلى هان: «لدينا محطات تستخدم مفاعلات الماء المضغوط أكثر من التي تستخدم مفاعلات الماء الثقيل المضغوط. فلماذا تقومون هنا بتصنيع وقود كاندو فقط؟»، فأجابه هان: «سيّدي، إن تصنيع وقود مفاعلات الماء

المضغوط أكثر صعوبة ويجب تصنيعه في شركة الوقود النووي الكورية، إحدى الشركات الفرعية الجديدة التابعة لشركة كيبكو، من أجل جلب التكنولوجيا الأجنبية». بدت على تشون بعض علامات الحيرة، فسأل هان: «قل لي، لماذا لا يستطيع الكوريون تطوير وقود مفاعلات الماء المضغوط إذا كنتم قادرين على تطوير وقود كاندو، فالنهج الذي يتبعه معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد يحقق نتائج أفضل بشأن الاعتماد على الذات؟». ثم غادر الرئيس دايدوك.

تركت تلك الزيارة الخاطفة أثراً أكبر مما كان متوقعاً. فقد كانت نقطة تحول محورية لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بأن يختار العمل في مشاريع المحطات النووية التجارية للأغراض السلمية فقط. فقد طُلِب من هان أن يشرح للبيت الأزرق (المقر الرئاسي في سيول) وضع التكنولوجيا النووية عموماً. وبعد شهرين، تلقى هان مكالمة هاتفية من البيت الأزرق تخبره بأن يصبح الرئيس المقبل لشركة الوقود النووي الكورية. فعيِّن الرئيس التنفيذي الثاني لشركة الوقود النووي الكورية، ورئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في الوقت نفسه. كان ذلك اعترافاً حقيقياً بنجاح مشروع ولسونغ للوقود تحت قيادة هان، وتأييداً قوياً لنهجه الجديد لتوطين وقود مفاعلات الماء المضغوط اعتماداً على القدرات التقنية المحلية. وأظهر الرئيس تشون تصميمه على تحقيق الاعتماد الذاتي في مجال التكنولوجيا النووية بإعطاء فرصة لرجل متحمس للتكنولوجيا المحلية، مثل هان. كان لدي انطباع قوي بأن ما قام به الرئيس تشون قد يكون طريقة للتخلص من شعوره بالذنب بشأن تعليماته التي أصدرها لإغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1980. فالخطوة التي بدأت كضربة خطيرة كادت تودي بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بوصفه المختبر النووي الوطني، من أجل الحفاظ على شرعية النظام الجديد، على وشك أن تتحول الآن إلى الاتجاه المغاير تماماً، لتكون في مصلحة التكنولوجيا المحلية ومستقبل الطاقة النووية في البلاد، حسب اعتقادي. إن الدعم العلني الذي أظهره الرئيس في هذه المرحلة لابد من أن يكون له قوة سحرية في إعادة صياغة مستقبل التكنولوجيا النووية الكورية منذ تلك اللحظة.[4]

البطل الأول في جهود تصنيع الوقود النووي

كان سوه كيونغ-سو (1940-1988)، رئيس قسم تصنيع الوقود، الشخص الأبرز وسط فريق وقود ولسونغ الأوّلي. تخرج في جامعة كوريا بمدينة سيول بشهادة دكتوراه في الفيزياء، وانضم إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1970 ليعمل في معمل ميتالورجيا (علم المعادن) الوقود. وكان من أوائل المتطوعين الذين انتقلوا إلى دايدوك عندما بدأ مشروع ولسونغ الأول لتوطين الوقود. وكان متفانياً ومتحمساً لإثبات أن نموذج حزمة الوقود الذي تم تصنيعه على طريقة الهندسة العكسية سيكون على قدر عالٍ من الجودة التي تجعله صالحاً للاستخدام في المفاعلات. لقد كان يعمل ليل نهار مع فريقه في محطة تصنيع الوقود التجريبية التي كانت تحت الإنشاء، بمساعدة من الشركة الفرنسية لتصنيع الوقود النووي. وكان شخصاً من طراز «مدمني العمل الخيِّرين» الذين يمثلون قدوة للآخرين. وعندما أنتج فريقه أول حزم للاختبار من اليورانيوم الطبيعي، قال: «هذه الحزم بمنزلة أطفالي. وأريد أن أتابع هذا الوقود المحلي الأول حتى نهايته في ولسونغ». وعندما جاءت الفرصة لشحن حزم الاختبار إلى شركة الطاقة الذرية الكندية لإجراء اختبار التشعيع، تم اختيار سوه وشخصي لحمل ثلاث حزم إلى تشوك ريفر. وعلّق سوه قبل مغادرتنا مطار دايجون قائلاً: «سأرمي بنفسي في المحيط الهادي، ولن أعود لبلادي إذا لم تنجح حزم الوقود هذه في اختبار التشعيع»، وكان ذلك في أواخر مارس 1983. كانت الرحلة غير مباشرة، حيث اتجهنا إلى نيويورك ومنها إلى تورنتو، ووصلنا أخيراً إلى مطار محلي صغير في منطقة بيمبروك بالقرب من تشوك ريفر بكندا. إنه معمل بحوث نووية ناءٍ يقع في الطرف الشمالي من مقاطعة أونتاريو. وبعد اختبار الكفاءة الأوّلي، تم تحميل حزمتين من حزم الاختبار (واحدة من اليورانيوم الطبيعي، والأخرى من اليورانيوم المخصب بنسبة 2.5 في المئة) في دورة الوحدة الثانية (U2) في مفاعل البحوث الوطني صباح 9 إبريل 1983. كان كل منا يبتهل لمشاهدة تلك اللحظة؛ لحظة وضع الوقود في قناة الاختبار من أعلى حوض المفاعل. وقد قال لنا أحد خبراء الوقود في تشوك ريفر إن أي احتمال بفشل التشعيع سيحدث خلال ثلاثة أيام من عملية التحميل الأوّلي. وأي علامة

تدل على مستويات أعلى من المعتاد في رصد الإشعاع من قناة الوحدة الثانية ستكون إشارة إلى هذا الفشل.

شعرنا بأن الأيام الثلاثة التالية بدت دهراً سرمدياً. وأخيراً، دعانا مشغّل المفاعل في بيت الضيافة التابع لشركة الطاقة الذرية الكندية ليخبرنا بعدم اكتشاف أي تسريب إشعاعي في اليوم الثالث. والآن يستعد أطفالنا (يعني حزم الوقود) لاختبار اشتعال طويل المدى. كنا مبتهجين يحتضن أحدنا الآخر، ونزجي الشكر لمضيفينا في شركة الطاقة الذرية الكندية. ولم نُضِع أي وقت. اتصلنا هاتفياً بالرئيس هان في منزله في تمام الساعة الثالثة صباحاً بالتوقيت الكوري المحلي لنزفّ إليه الأخبار السعيدة. وكما اتضح بعد ذلك، استشهد هان برسالتنا الهاتفية للرئيس تشون دو-هوان في اليوم التالي مباشرة، عندما قام بزيارة تاريخية إلى موقع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لأول مرة، ما أعطى الرئيس تشون الثقة بالتقنيات النووية المحلية. هذه الأخبار السعيدة القادمة من تشوك ريفر دفعت هان إلى اتخاذ الخطوات التالية في إنتاج وقود ولسونغ بكميات كبيرة، وفي مشروع توطين للوقود المستخدم في مفاعلات الماء الخفيف، فحصل أخيراً على فرصة للقيام بأعمال تصميم نظم المفاعلات في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.

عند عودتنا من تشوك ريفر في منتصف إبريل 1983 انتقل مشروع ولسونغ للوقود إلى المرحلة التالية: الإنتاج الضخم لزيادة طاقة محطة التصنيع التجريبية من 10 أطنان إلى 100 طن سنوياً، لتزويد وحدة ولسونغ 1 بالوقود الكامل بدءاً من عام 1986. وفي ذلك الحين، تم الضغط على شركة كيبكو لكي تقبل بالوقود النووي المصنّع محلياً، فقد اتضح أن اختبارات التشعيع في تشوك ريفر مُرضية، وقد صادقت الجهات الرقابية على مواءمة الوقود الجديد وصلاحيته للاستخدام. وكان طبيعياً أن يتصدى سوه للتحدي التالي، وكان أكثر استعداداً وسعادة ليتولى إدارة المشروع الرامي إلى توسيع الإنتاج الضخم. فتم طلب المعدات الجديدة وتعيين الكوادر. والأهم من ذلك كله أن سوه كان يبشّر بأن آليات ضمان الجودة النووية ستكون متضمنة في صلب عملية التصنيع الجديدة. وكان يبذل كل ما في

وسعه لضمان أن خط الإنتاج الضخم أصبح جاهزاً لإنتاج 100 طن بحلول عام 1987، دون أن يدري أن الورم الخبيث كان ينتشر في جسمه. وفي يوم خريفي صافٍ من عام 1988 توفي سوه ولم يتجاوز عمره 48 عاماً، فأصيب الجميع بالصدمة والحزن. كانت كوريا حينها في خضم الاستعدادات لاستضافة أولمبياد سيول لأول مرة في تاريخها. وفي 9 أكتوبر 1988 أقيم مأتم له في مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وسط نحيب أسرته وزملائه الذين عملوا معه لفترة طويلة في صناعة تاريخ لإنتاج الوقود في كوريا الجنوبية. لم يحدث أن تم تكريم شخص آخر من قبل بإقامة مأتم له في معهد علمي غير الرئيس الحالي لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وفي الذكرى الأولى لوفاته، وُضع له تمثال نصفي برونزي في حديقة إنيرتوبيا داخل مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، تخليداً لذكراه. وخلال مراسم وضع التمثال، عبر هان عن مشاعره قائلاً: «دعونا نتذكر سوه باعتباره بطلنا الأول والحقيقي في مضمار تكنولوجيا الطاقة النووية الكورية، وسيأتي من بعده المزيد من الأبطال». كان أعلى منصب شغله سوه هو منصب مدير قسم، لكنه كان يحظى باحترام وتقدير أكثر من أي مدير آخر رفيع المستوى في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. واليوم مازال تمثاله هو النصب التذكاري الوحيد الذي أقيم تكريماً لعالم نووي أو مهندس في أي مكان في كوريا الجنوبية.

قصة إيرلانغين

شرع هان ومجموعته على الفور في مراجعة وتعديل خطة توطين الوقود الخاص بمفاعلات الماء المضغوط، في شركة الوقود النووي الكورية التي تم تشكيلها حديثاً. وأجروا ثلاثة تعديلات في التوجهات الأساسية للسياسة العامة:

1. من كون شركة الوقود النووي الكورية شركة لتصنيع العتاد باستخدام التصاميم الأجنبية فقط، إلى شركة تقوم بجلب التصاميم والأعمال الهندسية إلى الساحة الكورية (ليقوم بها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري).

2. من خطة شركة الوقود النووي الكورية لاجتذاب شركة مشتركة يملك الشريك الأجنبي 50 ٪ من رأس مالها مع ضمان الأداء، إلى خطة تقوم على نقل التكنولوجيا عن طريق عطاءات تنافسية باستخدام رأس مال كوري بنسبة 100 ٪.

3. من استخدام المستشارين الأجانب لتقييم عملية العطاءات الدولية لنقل التكنولوجيا، إلى اعتماد تقييم محلي للعطاءات.

كانت جهود الاعتماد الذاتي التقني تحتل مكانة أعلى على حساب مخاطر عالية للغاية: مخاطر الفشل في أداء الوقود، وضمانه. وفي الآونة الأخيرة تذكر الرئيس المؤسس لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، كيم سون-تشانغ، الذي تنازل عن منصبه لهان في ذلك الوقت، مشاعره تجاه الاعتماد الذاتي التقني، حيث قال: «باستحضار ما حدث، فإن جهود هان المتواصلة في الدفع نحو التكنولوجيا المحلية بتقبّل المزيد من المخاطر، لم تثمر، مع أنه عمل جاهداً لإقناع الجميع بنجاحها».[5]

انطلق هان ليجعل من مشروعه الثاني مشروعاً ناجحاً في توطين وقود مفاعلات الماء المضغوط، بعد عام ونصف فقط من انضمامه إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1982. وحُشِدت قوة مهام خاصة في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الوقود النووي الكورية من أجل إعداد وثائق الدعوة للعطاء/ المناقصة المتعلقة بتكنولوجيا وقود مفاعلات الماء المضغوط. وكان نائب رئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ريم تشانغ-ساينغ، وهو خريج قسم الهندسة النووية بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وخبير متمرس في الوقود النووي من شركة وستنجهاوس، الشخصية الرئيسية في المعهد (عمل ريم رئيساً للمعهد في وقت لاحق). وفي غضون ذلك، انضم إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري عضو مهم وصاحب خبرة في هندسة الوقود النووي من الولايات المتحدة، وهو كيم سي-هوان الذي تخرج في جامعة سيول الوطنية ومعهد رينسيلير للبوليتكنيك، قسم الهندسة النووية، وعمل في قسم الوقود النووي بشركة كومبسشن إنجنيرينغ. وفور عودته إلى كوريا الجنوبية في عام

1984، أوكلت إليه إدارة المشروع الـذي أنـشئ حـديثاً بمعهـد بحـوث الطاقـة الذريـة الكوري، بغرض توطين وقود مفاعلات الماء المضغوط. وخلال فترة وجيـزة، عـاد مـن الولايات المتحدة إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أكثر من عشرة خبراء كـوريين في مجال الوقود النووي، بعد أن أقنعهم كيم بطريقة ودية. لقد قدم كيم مساهمة فريدة من نوعها كمدير لمشروع وقود مفاعلات الماء المضغوط، وذلك بتعيينـه أفـضل المواهـب في الهندسة النووية وتحفيزها لكي ينشئ أقساماً في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري تهتم بالمشروعات. وقد اتخذ هان قراراً استراتيجياً بتكوين لجنتـيْ عمـل منفـصلين لاختيـار شريك لنقل التكنولوجيا: إحداهما لجنة المعايير (ريم تشانغ-سانغ مـن معهـد بحـوث الطاقة الذرية الكوري، ويانغ تشانج-كوك من شركة كيبكو، ونام جانغ-سو من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري)، والأخرى هي لجنة التقيـيم (كـيم سي-هـوان، وسـوه كيونغ-سو، وكيم هوا-سوب؛ وجميعهم من معهد بحـوث الطاقـة الذريـة الكـوري). وكان دور لجنة المعايير يتمثل في وضع معايير لتقييم العطاءات، مع عوامل تـوزين هـذه المعايير (المعايير النهائية الموقعة وعوامل توزينها تم حفظها في خزانـة مغلقـة في مكتـب هان)، وكان دور لجنة التقييم إعطاء درجات موضوعية لكل اقتراح يتقدم بـه صـاحب العطاء، على أساس 100 نقطة لكل معيار. وقد تم اختيار ثلاثة معـايير للتقيـيم: شروط نقل التكنولوجيا (وفقاً لأعلى عامل توزين)، ونوعية التكنولوجيا، والسعر. كان تصرفاً ذكياً من جانب هان أن يفصل عمليـة التقيـيم كلهـا إلى لجنتـين: واحـدة تحـدد المعـايير وعوامل التوزين فقط دون الدخول في عملية التقييم نفسها، والأخرى لعمليـة التقيـيم دون معرفة عوامل التوزين النسبية. وأرسلت وثائق الدعوة للعطاء إلى شركـات عالميـة معروفة تعمل في مجال توريد وقود مفاعلات الماء المضغوط، لكن خمسة منها فقط قدمت عروضاً مبنية على معايير التقييم الموضحة في وثيقة الدعوة للعطاء، وهذه الشركات هي: وستنجهاوس الأمريكية، وفراغيما الفرنـسية Fragema، وكرافتـويرك يونيـون الألمانيـة KWU، وآسيا بـراون بـوفيري الـسويدية ABB، وشركـة الوقـود النـووي البريطانيـة BNFL.

وبعد ستة أشهر من التنافس الحاد في تقديم العروض، وتقييم تلك العروض، تم اختيار شركة كرافتويرك يونيون كشركة فائزة في المنافسة، بناءً على محتويات العرض الذي قدمته لنقل التكنولوجيا والتصميم المشترك. أنجزت كلتا اللجنتين عملهما بنجاح. وأُدخل مفهوم التصميم المشترك أول مرة بهدف التغلب على النقص في القوة البشرية المدربة، والميزانية، والوقت. لقد كان اختيار شركة كرافتويرك يونيون مفاجئاً، لأنها كانت الأقل شهرة بين الشركات الأخرى في ذلك الوقت، وتفوقت على شركة وستنجهاوس التي كانت المزود النووي الرئيسي في كوريا.

وفي عام 1986 أُرسلت نخبة النخبة من المهندسين إلى إيرلانغين بألمانيا للمشاركة في التصميم المشترك (في أثناء التدريب العملي) لجميع تصاميم الوقود الذي تستخدم في مفاعلات الماء المضغوط في كوريا. كان ذلك مثالاً ساطعاً يوضح كيف أن المهندسين الكوريين العديمي الخبرة، ولكنهم متحمسون وعلى درجة عالية من التعليم، قد فاقوا توقعات شركة كرافتويرك يونيون في التعلم وإنجاز العمل من خلال عملية التصميم المشترك. عموماً، بحلول عام 1989 كان تحالف معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الوقود النووي الكورية يزود جميع مفاعلات الماء المضغوط في كوريا بتصاميم وقود إعادة التحميل وخدمات تصنيع الوقود. وكانت تلك المرة الأولى، في تاريخ كوريا النووي، التي تولى فيها فريق محلي إدارة العطاءات العالمية، من مرحلة الدعوة إلى العطاء إلى مرحلة تقييم العطاء، وكان الفريق نفسه في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مسؤولاً عن إنجاز تصاميم الوقود، ولم تكن هناك حاجة لعمل استشاري أجنبي مشترك، لأن نقل التكنولوجيا مرة واحدة كان كافياً للاستقلال عن الطرف الأجنبي.[6]

تبين أن المشروع الثاني لهان كان قصة نجاح أخرى؛ لكونه الرئيس التنفيذي لكل من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الوقود النووي الكوري. غير أن ذلك كان مجرد تمهيد لتحقيق الاعتماد الذاتي التقني على نطاق أوسع في تكنولوجيا تصميم نظم المحطات النووية بأكملها. كان ذلك هو المشروع الأكثر طموحاً لهان خلال فترة رئاسته

معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري التي استمرت تسع سنوات (1982-1991، وكان خلال العامين الأولين نائباً للرئيس ومسؤولاً عن مركز دايدوك الهندسي). إن هان هو الرئيس الأطول خدمة في تاريخ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وقد أرسى أسساً قوية لتوطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا، من خلال غرسه عقلية تصميم النظم، من تصميم الوقود النووي إلى تصميم نظم مفاعلات المحطات النووية.

التدرج المرحلي

أوضح هان رؤيته للمستقبل وفلسفته الإدارية بكل جلاء خلال الخطاب الذي ألقاه يوم 9 إبريل 1984 بمناسبة تعيينه رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بعد عامين من عمله كنائب لرئيس المعهد. تصور هان أن يقوم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، المختبر النووي الوطني الوحيد، بدور فعال في مشاريع بناء المحطات النووية التجارية، كمصمم للوقود ومصمم للنظم النووية للتزويد بالبخار. ولكون كوريا دولة نامية، فإن سبيلها الوحيد للحاق بركب الدول النووية المتقدمة من حيث الاعتماد الذاتي التقني هو إشراك متخصصي الطاقة النووية الأفضل تعليماً (كان معظمهم في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1980) في تجربة عملية حقيقية في مجال تصميم محطات الطاقة النووية وبنائها. إن استراتيجيته المعروفة الموجهة لاستيراد أفضل التكنولوجيا التجارية المجربة من الخارج، كانت تهدف لاكتساب الدراية التقنية والمعرفية الكافية لاستنساخ التكنولوجيا، ثم الانتقال بعد ذلك إلى البحوث والهندسة الإبداعية لمعرفة الأسباب والمبررات التي تحدد شكل التكنولوجيا.[7]

ومن خلال نهج التدرج المرحلي بتحقيق نجاح تلو الآخر، بدا يتضح أكثر فأكثر أن هان لم يكن رئيساً عادياً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. لقد استطاع إقناع وزارة العلوم والتكنولوجيا وشركة كيبكو بالوقوف إلى جانبه في كسب قرارات حاسمة لمصلحة تحقيق الاعتماد الذاتي التقني. وكانت معنويات العاملين في المعهد تعانق عنان السماء، حيث استعادوا روح العزيمة والإصرار ليحلموا بتحقيق نجاح أكبر من ذي قبل. وتم استقطاب

المزيد من المهندسين الموهوبين الجدد للانضمام إلى زخم المسيرة المتزايد. وبدأت البركات تنهال من أعلى عبر العديد من الطرق الخفية؛ بدءاً من تعيين هان رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الوقود النووي الكورية، التي كانت رائداً آخر في مجال توطين التكنولوجيا بشركة كيبكو، ووصولاً إلى المزيد من الإنجازات التي ستأتي في المستقبل.

إن القيادة تقوم على العلاقات الإنسانية، حيث يقود شخص واحد كُثُراً آخرين من أجل قضية نبيلة. لقد كان اهتمام هان الشخصي برفاهية موظفيه يمثل أحد الجوانب الآسرة في قيادته. ولعل ما جاء به من حلول فريدة لمشاكل إسكان الموظفين يوضح هذا الجانب؛ فعندما أنشئت مدينة دايدوك للعلوم في منتصف سبعينيات القرن العشرين، كان الجميع تقريباً يعيشون في مساكن جماعية أو شقق للشركات تم بناؤها حديثاً بالقرب من المراكز البحثية. وكان معظم الموظفين الذكور تعيش أسرهم في سيول، فيبقون في دايدوك طيلة أيام العمل الأسبوعية ثم يعودون إلى ديارهم في عطلة نهاية الأسبوع. وكانت وسائل النقل العام إلى سيول دائماً تعاني ازدحاماً شديداً مساء أيام الجمعة وصباح أيام الإثنين، مكتظة بـ«عُزَّاب دايدوك» المتعَبين. وفي بداية ثمانينيات القرن العشرين، عندما بدأ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ينتقل إلى موقع جديد، كانت إسكانات الشركات الموجودة مزدحمة سلفاً، ولم يكن المتوافر منها يفي بالطلب على السكن. وكالعادة، تم توفير إسكان الشركات للموظفين بإيجار مدعوم. واعتمد معظم المديرين التنفيذيين في المعهد على المساكن الجماعية وشقق الشركات، بينما كان على موظفيهم تحمل خسارة كثير من الوقت والطاقة في التنقل إلى سيول ومنها في نهاية كل أسبوع. كان العمل في مراكز البحوث بدايدوك يعد أمراً مؤقتاً، بسبب انعدام الإسكان الخاص والبنية التحتية اللازمة للعيش. ثم جاءت الفرصة الذهبية للحصول على «منزل خاص»، حيث طورت الحكومة الكورية مساحة ضخمة في دوريونغ-دونغ، في قلب مدينة دايدوك للعلوم، كمنطقة سكنية لأسر موظفي البحوث ليتم بيعها للأفراد. وعلى الرغم من شدة الحاجة إلى الإسكان، لم يتقدم أحد بطلب لشراء قطعة أرض ليبني عليها منزله الخاص، وذلك لأسباب بسيطة: القليل

جداً من الموظفين يملك المال الكافي لتسديد سعر المنزل دفعة واحدة (لأن نظام قروض الرهن العقاري الطويلة الأجل لم يكن موجوداً في ذلك الوقت)، كما أن البنى التحتية الاجتماعية، كالمدارس والمستشفيات، والظروف المعيشية العامة كانت بدائية مقارنة بتلك التي في سيول. نتيجة لذلك، لم يجرؤ أحد على بيع منزله الخاص في سيول لشراء قطعة أرض في دايدوك وبناء منزله الخاص عليها. كان ذلك يُعد استثماراً سيئاً؛ لأن احتمالات العيش في منطقة دايجون لا تبدو واعدة على المدى البعيد.

بدأت قدرة هان القيادية تظهر في هذه القضية الإسكانية بعد وقت قصير من تعيينه رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1982. لقد جعل من نفسه قدوة بالعيش هو وأسرته في دايجون أولاً. (قليل جداً من المديرين التنفيذيين الآخرين من يحتفظ بأسرته في دايجون؛ فالجميع آنذاك كانوا يتنقلون إلى سيول ومنها). كان لديه فكرة «مبدأ العشر دقائق» الفريدة المستمدة من معهد نيلز بوهر، الذي سمّي باسم الفيزيائي الدنماركي الشهير، وزملائه العلماء الذين كانوا يعيشون في أحد التجمعات السكنية خارج كوبنهاجن في بداية القرن العشرين. كان هان يحلم ببناء مجتمع بحثي يستطيع فيه العلماء إنفاق جلّ وقتهم في البحث العلمي، وأن يكونوا قادرين على الوصول إلى مكاتبهم خلال عشر دقائق بالسيارة أو الحافلة. وكانت قطعة الأرض السكنية الموجودة في دوريونغ-دونغ المكان المثالي لجعل حلم هان حقيقة واقعية. كانت المشكلة الأساسية تتمثل في كيفية حشد رؤوس الأموال وإقناع موظفيه بالاستثمار الطويل المدى في منازلهم الخاصة في دايدوك. فبدأ بإقناع وزير العلوم والتكنولوجيا، لي جينغ-أو، بتوفير قروض من دون فائدة وبتسديد طويل المدى، بحجة أن تهيئة الظروف المعيشية المستقرة والدائمة للعلماء لا تقل أهمية عن البحوث نفسها. اقتنع الوزير «لي» بحجة هان بشأن توفير قروض من دون فائدة للعلماء، لكنه كان يحتاج إلى موافقة خاصة من رؤسائه لكي يحصل على ميزانية إضافية لهذه القروض، ولاسيما موافقة البيت الأزرق؛ أي موافقة رئيس البلاد تشون دو-هوان. وصلت مشكلة إسكان دايدوك إلى السكرتير الرئاسي الأعلى لشؤون الاقتصاد، كيم جاي-إيك، الذي كان الرئيس تشون يستمع لجميع نصائحه في ذلك الوقت. درس كيم

في جامعة ستانفورد وحصل منها على درجة الدكتوراه في الاقتصاد، وكان يعد واحداً من أهم الشخصيات التي ساهمت في تخطيط التنمية الاقتصادية، حيث كان يطلق عليه لقب «رئيس الاقتصاد» economic Prisedent في عهد الرئيس تشون. أدرك كيم على الفور قيمة دعم العلماء ليستقروا في دايدوك بتوفير قروض سكنية لهم، واستطاع بطريقةٍ ما توفير التمويل اللازم لذلك. (وقد تم ذلك قبل بضعة أشهر من وقوع الهجوم الإرهابي الفظيع الذي دبرته كوريا الشمالية في رانغون. وكان كيم جاي-إيك من بين الضحايا السبع عشرة الذين فقدوا أرواحهم في حادث التفجير الذي استهدف ضريح أونغ سان خلال زيارة رسمية قام بها الرئيس تشون إلى بورما في عام 1983). ورغم الخسارة الفادحة بفقدان أفضل موظفي الخدمة المدنية المقتدرين، تم الإعلان عن توفير قرض خاص من دون فائدة في عام 1983. وكان هان من أوائل الذين اشتروا قطعة أرض، ليكون قدوة للآخرين. وسرعان ما انتشر الخبر، وبدأ موظفو معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري والمعاهد الأخرى يأخذون القرض لشراء العقارات السكنية التي تبعد نحو عشر دقائق من المكتب في دوريونغ-دونغ. وهكذا تمكّن أكثر من 300 باحث من الحصول على القرض، وبناء منازلهم الخاصة في ثمانينيات القرن العشرين. لقد كان ذلك أول انتقال ناجح لأعداد كبيرة من العلماء والمهندسين وأسرهم بعيداً عن سيول على أساس دائم. إن ما بدا حلماً مستحيلاً أصبح حقيقة واقعة في أقل من عشر سنوات، ويرجع ذلك أساساً إلى رؤية رجل واحد وشجاعته تجاه المستقبل. واليوم تعدّ دوريونغ-دونغ واحدة من أفضل المناطق السكنية المعروفة في مدينة دايجون. كان هذا واحداً من الأمثلة الكثيرة التي توضح أن القطاع النووي كان يحظى بامتيازات خاصة من أعلى الهرم الحكومي تحت قيادة هان في ثمانينيات القرن العشرين.[8]

ناكامورا سينسي

ربما لم يكن العالم النووي الياباني ياسوجي ناكامورا (1920-1998، الملقّب بـ«كوجي») معروفاً على نطاق واسع في الساحة النووية الكورية، لكنه ترك أثراً مهماً في

تطوير الطاقة النووية الكورية، وإن كان أثراً خفياً. لقد جاء تأثيره من خلال صداقته الشخصية وتعاونه الوثيق مع هان بيل-سون في ثمانينيات القرن العشرين، فقد كان هان يدعوه دائماً باسم «ناكامورا سينسي» (كلمة «سينسي» يابانية وتعني «المعلم المحترم»، أو تقال في نهاية اسم الشخص لإظهار الاحترام له). وُلد ناكامورا في محافظة إيشيكاوا اليابانية، وتخرج في جامعة طوكيو متخصصاً في علم المعادن عندما كانت اليابان في ذروة معاركها مع الولايات المتحدة في الحرب العالمية الثانية. وكرّس حياته المهنية بأكملها لتطوير دورة الوقود النووي وتكنولوجيا البلوتونيوم على وجه الخصوص، وتدرج في المناصب إلى أن أصبح الرئيس التنفيذي لمحطة توكاي لإعادة معالجة الوقود التابعة لشركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي. وكان من بين العلماء اليابانيين الأوائل الذين تم تدريبهم في مجال تكنولوجيا البلوتونيوم في مختبر هانفورد النووي بالولايات المتحدة، الذي تم فيه إنتاج أول بلوتونيوم يمكن استعماله في صنع الأسلحة لمشروع مانهاتن. وقد ساهم ناكامورا مساهمة كبيرة في تطوير تكنولوجيا البلوتونيوم في اليابان لإعادة تدوير وقودها النووي وتطوير مفاعلات التوليد السريعة. غير أن الأكثر أهمية من ذلك هو دوره الحيوي، كمستشار نووي للحكومة اليابانية، في التوصل إلى اتفاقية التعاون النووي بين الولايات المتحدة واليابان في سبعينيات القرن العشرين، وهي الاتفاقية التي تسمح لليابان بالحصول على تكنولوجيات دورة الوقود الأكثر حساسية؛ وتحديداً تكنولوجيات إعادة المعالجة والتخصيب. وهذا يُعرَف في الدبلوماسية النووية الثنائية بـ«الموافقة المسبقة على حق استخدام» المواد والتكنولوجيا النووية الأمريكية. وكانت اليابان واحدة من الدول القليلة التي نالت هذا الحق الاستراتيجي الذي يسمح لها باستخدام موادها النووية لتطوير التقنيات الحساسة. لقد كان التفاوض مع واشنطن من بين أهم أولويات الحكومة اليابانية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. وكان ناكامورا وراء المفاوضات الدبلوماسية التي استغرقت عدة عقود، لكونه أشهر العلماء في مجال البلوتونيوم، فكسب ثقة السياسيين والتكنوقراط اليابانيين والأمريكيين على حد سواء. وعندما تقاعد أخيراً عن العمل في شركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي في عام 1982 (وعمره 62 عاماً)، كان مستعداً لبدء حياة جديدة، فأصبح مستشاراً فنياً لشركة كوبي للحديد والصلب.

كان أول لقاء لناكامورا مع الكوريين من خلال لي بيونغ-واي، مفوض الطاقة الذرية الكورية الراحل، الذي قدمه لهان بيل-سون في عام 1984. وكان أول لقاء معه غريباً بعض الشيء، نظراً لخلفيته في البلوتونيوم. في الواقع، كانت الاتصالات التقنية مع اليابان في تلك الأيام مقتصرة على معهد اليابان لبحوث الطاقة الذرية وفي مجالات السلامة النووية والبحوث الأساسية فقط. بقي كلا الجانبين بعيداً عن المواضيع الحساسة، مثل إعادة تدوير البلوتونيوم وتقنية التوليد السريع؛ ومن ثم فإن أي اتصالات مع شركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي كانت تمثل خبراً مفاجئاً. وقد غيّر ناكامورا هذا التصور من كلا الجانبين، حيث قدّم لهان في أول لقاء بينهما كتابه الذي كان حينها قد أصدره في الآونة الأخيرة في اليابان، بعنوان **خيار اليابان: 1984**. وقد أثار ذلك الكتاب سيلاً من المناقشات بين هان وناكامورا أولاً، ثم توسع الأمر إلى نقاشات جماعية مع كبار مديري معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. كانت حجة ناكامورا لتحقيق الاستقلال في مجال الطاقة عن طريق الطاقة النووية بإعادة تدوير البلوتونيوم مفاجأة لمعظم الكوريين في ذلك الوقت. فقد ضرب مثلاً باليابان، وكيف أنهم استطاعوا إقناع الولايات المتحدة بالانضمام إلى مشاريع إعادة تدوير الوقود هذه، مع وعي مطلق وضمان كامل لعدم الانتشار النووي. صدر كتاب **خيار اليابان** باللغة اليابانية، وتُرجم إلى اللغة الكورية (بعنوان جديد هو: **شروط استقلال الدولة في مجال الطاقة - 1984 خيار اليابان**)، وتم نشره في وقت وجيز ليصبح متاحاً لأكبر عدد من القراء الكوريين، بمن فيهم السياسيون والتكنوقراط. كانت تلك بداية لعلاقة مثمرة بين المعلّم ناكامورا وكوريا. بعد ذلك، قام ناكامورا بزيارات متكررة إلى كوريا، خصوصاً إلى دايدوك والمواقع النووية الكورية، كما أنه دعا الموظفين الكوريين إلى زيارة مواقع شركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي في توكاي والمواقع الأخرى، التي لم يزرها أحد من قبل، وذلك من خلال ترتيبات خاصة تكفل بها.

استمر تبادل الزيارات بين متخصصي الطاقة النووية اليابانيين والكوريين لنحو عشر سنوات. ونظّم ناكامورا عدداً من الزيارات الجماعية لتقنيين يابانيين إلى المواقع النووية

الكورية بدعوة من هان، وكذلك فعل الجانب الكوري. لقد كنتُ واحداً من أكثر الذين استضافوا ناكامورا ورفاقه القادمين معه إلى كوريا، ثم زرت المنشآت النووية اليابانية بترتيبات منه. لقد كان اهتمامه الحقيقي بتاريخ كوريا واليابان القديم خلال عهد بايكجي («كُدارا» باللغة اليابانية) وفترات أسكا (من القرن الرابع إلى السابع) يفوق اهتمام المؤرخ الهاوي العادي. كان لديه نظرية خاصة مفادها أن المهاجرين الكوريين القدماء إلى اليابان كانوا مسؤولين إلى حد كبير عن إنشاء المملكة اليابانية القديمة. وكنت أنا أيضاً مهتماً كثيراً بالتاريخ القديم المشترك بين شبه الجزيرة [الكورية] والجزيرة [اليابانية]، وتطوعت بأن أكون دليلاً سياحياً محلياً آخذه إلى المواقع القديمة في غونغجو وبويو (عاصمتيْ مملكة بايكجي بالقرب من دايجون)، وغيونغجو (عاصمة مملكة شيلا في مقاطعة غيونغسانغ). وفي مساء يوم من أيام الأحد، كنا نسير في طريق بين أنقاض قلعة بُسوسان في بويو، فسألت المعلّم ناكامورا: «لماذا تعني لك أطلال بايكجي كل هذا؟»، إذ لم يكن هناك الكثير ليشاهده السياح في ثمانينيات القرن العشرين. وكان إجابته بسيطة: «يجب ألا ينظَر إلى بايكجي بالعين المجردة، فهي قد دمِّرت تماماً في القرن السابع، لكن يجب أن يحس بها المرء في قلبه».

لقد جعلني المعلّم ناكامورا أشعر بالخجل وأنا أراه يبدأ يتعلم الحروف الهجائية الكورية (الهانغول) واللغة الكورية وهو في الستين من عمره؛ (كانت إجادته للغة الكورية أفضل من قدرتي على التحدث باللغة اليابانية، رغم أنه كان في عمر والدي).

وعندما مات بمرض السرطان في عام 1998، شعر جميع من عرفوه في كوريا بأننا فقدنا صديقاً وفياً ومعلّماً من اليابان يحظى بالكثير من الحب والاحترام. كان مهتماً حقاً بمساعدة الكوريين كصديق قديم (وليس منافساً، كما يُملي ذلك أي وضع طبيعي)، إذ لابد من أنه رأى إمكانات مؤكدة في ثمانينيات القرن العشرين عندما كانت حملة كوريا للاكتفاء الذاتي التقني في مجال تكنولوجيا الطاقة النووية لاتزال في بداياتها.

تذكر هان بيل-سون المعلّم ناكامورا بطريقة خاصة، فقال: «إنه كان يريد أن يعلمنا كل ما عرفه عن دورة الوقود النووي، ويعلمنا أكثر عن فلسفة الانتقال من البحث العلمي إلى المشروع التجاري». كان هان يشير إلى تجربة ناكامورا الشخصية في تكنولوجيات تطوير دورة الوقود النووي في المحطة التجريبية لإعادة معالجة الوقود في توكاي، لكن المشروع التجاري تم نقله إلى محطة إعادة معالجة تملكها وتديرها شركة مرافق في منطقة روكّاشو، بمشاركة لا تذكر من جانب شركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي اليابانية. وقد كان الوضع مشابهاً إلى حد ما للوضع الكوري عندما كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري منخرطاً بثقله في مشاريع تصميم النظم لمحطات الطاقة النووية التجارية إلى أن نُقِلت المهمة إلى القطاع الصناعي بعد 12 عاماً. إن التشابه بين تطوير التكنولوجيا النووية في كل من اليابان وكوريا هو أن المختبرين النوويين الوطنيين في البلدين (شركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي في اليابان، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري) كانا مسؤولين عن جهود الاعتماد الذاتي التقني في المجالات الحيوية (إعادة معالجة الوقود في حالة اليابان، وتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار في حالة كوريا). والفارق هو أن شركة مفاعلات الطاقة ودورة الوقود النووي لم تُعطَ فرصة للإنتاج بكامل طاقتها قبل بدء المشروع التجاري. كان من حسن حظ كوريا أن يكون معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مسؤولاً عن الإنتاج التجاري لفترة محددة طولها 12 عاماً قبل أن تُنقَل مهمة الإنتاج بشكل كامل إلى قطاع الصناعة. كان هان مديراً حصيفاً يتمتع بحكمة حقيقية، ولابد من أنه تعلم من ناكامورا درساً قيماً في التمسك بتطوير التكنولوجيا الرئيسية لتبلغ نطاقاً تجارياً مكتملاً لفترة من الوقت. وقد قال هان: إن الدرس الآخر المهم الذي تعلمه من المعلّم ناكامورا هو التزامه الصارم بمبدأ «الاستخدام السلمي فقط» من أجل محو أي احتمالات لحدوث مخاوف تتعلق بالانتشار النووي. وكان هذا مصدر قلق كبير لناكامورا في مجال إعادة تدوير البلوتونيوم، الذي يُعد أكثر المجالات حساسية للانتشار النووي.

رجُل «إنيرتوبيا»

إذا كان هان بيل-سون هو القوة الدافعة الرئيسية في جانب التكنولوجيا، فهناك شخص كان جهده مكمّلاً لجهد الاعتماد الذاتي التقني في مجال محطات الطاقة النووية من جانب الإدارة والتمويل في ثمانينيات القرن العشرين. إنه بارك جونغ-كي، رئيس شركة كيبكو خلال الفترة 1983-1987؛ وهي الفترة الأكثر أهمية في مسيرة الاعتماد الذاتي النووي التي كانت حينها في طور التشكّل. ولد بارك في عام 1935، وتخرج في الأكاديمية العسكرية الكورية، الدفعة الرابعة عشرة (بعد الرئيس تشون دو-هوان بثلاث سنوات)، وكان قائداً ميدانياً في الجيش، ثم عمل في القطاع الخاص كرئيس تنفيذي للشركة الكورية للصناعات الثقيلة (الآن دوسان للصناعات الثقيلة) لفترة وجيزة، ثم الرئيس التنفيذي لشركة كيبكو. وبعد التقاعد من كيبكو، كرّس طاقاته لتعزيز الرياضة، وخاصة أنواع الرياضة التي لا تحظى بشعبية، مثل ألعاب القوى. وهو عضو نشط في الاتحاد الكوري لألعاب القوى، والاتحاد الدولي لألعاب القوى. وكان هو المسؤول الأساسي عن إقامة بطولة العالم الثالثة عشرة لألعاب القوى تحت إطار الاتحاد الدولي لألعاب القوى في دايجو بكوريا الجنوبية في عام 2011. وتنظَّم هذه البطولة كل عامين، وتعرف بأنها المنافسة العالمية الأكثر أهمية لألعاب القوى. أما الجانب الآخر من حياة بارك، فهو أنه كاتب مستقل معروف، حيث ألّف العديد من الكتب باللغة الكورية، وباللغة الإنجليزية أيضاً. ومن أشهر ما كتب: **حكايات صريحة يرويها أحد الأجداد** (1990)؛ و**فن القيادة** (1997)؛ و**القيادة** (2002)؛ و**الحرب الأهلية** (2002)؛ و**ملكة الرياضة - حكايات من أبطال رياضيين** (2010). وتمت ترجمة كتابه الأول الأكثر رواجاً إلى اللغة الإنجليزية، واستُخدِم كمرجع في القيادة والثقافة الشرقية في الأكاديمية العسكرية الأمريكية في وست بوينت.

ويُعتقد أن علاقة بارك بالتكنولوجيا النووية بدأت منذ أن كان طالباً بالأكاديمية العسكرية الكورية، عندما كان يدرس الطلاب فيها القيمة الاستراتيجية والاستخدام المزدوج للطاقة النووية والأسلحة النووية. وخلال الفترة التي قضاها في الشركة الكورية

للصناعات الثقيلة في عام 1982، فهم أهمية الاعتماد الذاتي التقني في هندسة التصميم أو البرمجيات. ولكون الشركة الكورية للصناعات الثقيلة كبرى شركات الآلات الثقيلة، فقد كانت أساساً مصنِّعاً للأجهزة والمعدات، وتعتمد اعتماداً كبيراً على التراخيص الأجنبية في أعمال التصميم والهندسة.

وعندما انتقل بارك إلى شركة كيبكو في عام 1983، طرح فكرته عن «إنيرتوبيا» Enertopia لأول مرة. وهي ببساطة تعني دولة لا تواجه صعوبات أو مضايقات في إنتاج الطاقة واستخدامها. ولأن شركة كيبكو تُعد شركة المرافق الكهربائية الوحيدة؛ فهي واحدة من كبريات الشركات، وهي المالك والمشغّل الوحيد لمحطات الطاقة النووية في كوريا. وكانت فكرة «إنيرتوبيا» التي جاء بها بارك لها تأثير مباشر على الاعتماد الذاتي التقني. هذا التوجه عُدَّ غير عادي، لأنه أتى من أحد الرؤساء التنفيذيين لشركة كيبكو، إذ تتمثل أولوية هؤلاء الأولى دائماً في التمسك بالنهج المحافظ تجاه الابتكار بهدف تأمين إنتاج الطاقة بأقل المخاطر؛ وهذا يعني أن شركة كيبكو كانت في كثير من الأحيان تفضل الموردين الأجانب على الشركات المحلية لأنهم يعطون ضمانات إضافية، أما الشركات المحلية فليس لديها سجلات تذكر، خصوصاً في القطاعات النووية. هذا الانقسام الثنائي في إنتاج الطاقة بين شركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ظل مستمراً منذ فترة طويلة؛ لأن كل طرف يفضل الاعتماد على الشركات الأجنبية عموماً، بينما على الطرف الآخر أن يقاتل من أجل منح فرص متساوية للمنتجات والخدمات المحلية.

كان بارك رئيساً تنفيذياً غير عادي في هذا الصدد، فقد كان تفكيره منصبّاً على تحقيق الاعتماد الذاتي في مجال التكنولوجيا النووية، وجاءت الفرصة الأولى مع بداية بناء مشروع الوحدات النووية يونغوانغ 3 و4؛ ففي يوليو 1983 أنجز بارك دراسة داخلية في شركة كيبكو حول برنامج طويل المدى لمحطات الطاقة النووية يقوم على التكنولوجيا المحلية وتوحيد معايير المحطات النووية، وذلك لتقليل التكاليف المطلوبة لبناء نسخ إضافية من تلك المحطات. كان التوقيت مناسباً لشركة كيبكو، بوجود خطة إنيرتوبيا الكبرى التي

جاء بها رئيسها الجديد بارك، ووجود رئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، هان، بتجربته الأولى الناجحة في إنتاج نموذج لوقود ولسونغ. إن التقاء هذين الرجلين المتشابهين في التفكير كان لابد من أن يُحدِث تعاوناً كبيراً وقوياً بينهما. كان اللقاء الأول بين بارك جونغ-كي وهان بيل-سون في يونيو 1983 بعد بضعة أيام من تعيين هان رئيساً لشركة الوقود النووي الكورية، وبعد ثلاثة أشهر فقط من زيارة الرئيس تشون إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وتعيين بارك رئيساً لشركة كيبكو. وبما أن شركة الوقود النووي الكورية كانت تابعة لشركة كيبكو، فقد وجّه بارك الدعوة إلى هان لزيارته في مكتبه في سيول. ومع أن الرجلين لم يلتقيا من قبل، إلا أن تقارب تفكيرهما جعل كل واحد منهما يشعر فوراً بالارتياح مع الآخر فيما يتعلق بفلسفتهما تجاه الاعتماد الذاتي التقني، وضرورة استخدام الموظفين التقنيين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، المتعلمين تعليماً جيداً، في مشاريع حقيقية تابعة لشركة كيبكو. كان بارك على علم بنجاح مشروع وقود ولسونغ الذي أنجزه معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ولم يختلف أي من الرجلين عن الآخر في فلسفته تجاه الاستقلال التقني، بمعنى أنك «من دون تكنولوجيا، تصبح عبداً، وبالتكنولوجيا فقط يمكنك أن تتصرف كَسيِّد». لقد بدأت تتشكّل شراكة نووية جديدة على نحو لم يره أحد من قبل في كوريا. وفي وقت لاحق، عمل بارك رئيساً لمجلس إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وعضواً في لجنة الطاقة الذرية. ورغم كل شيء، صنع بارك وهان عصراً لتحالف التكنولوجيا والإدارة في ثمانينيات القرن العشرين، عندما شارك معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في مشاريع تشييد محطات الطاقة النووية بصفته المسؤول عن تصميم نظم الوقود والمفاعلات.

أظهر هان ولاءً عظيماً لبارك كرئيس له، رغم أن كلاً منهما، من الناحية الفنية، كان يتبع لوزارة مختلفة، (فهان يتبع لوزارة العلوم والتكنولوجيا، في حين أن بارك يتبع لوزارة الطاقة والموارد). واعتبر الكوريون العاديون هذه العلاقة غير عادية؛ لأن كل وزارة في العادة تقاتل من أجل حماية دائرة نفوذها الخاصة. لقد أدرك بارك أهمية دعم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري كمركز لعقول التكنولوجيا النووية، فاعتمد اعتماداً كبيراً على المعهد

في تحقيق الاعتماد الذاتي التقني. وفي العديد من المناسبات قدم بارك مساهمات مالية سخية للمعهد من أجل تشييد البنية التحتية، مثل تركيب كمبيوتر عملاق في عام 1986. وجاء هدفه لتحقيق الاستقلال الذاتي التقني مع مشروع بناء الوحدات النووية يونغوانغ 3 و4 بالاشتراك مع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وغيره من أعضاء مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية EPGCC المؤلّف من: وزارة الطاقة والموارد/ وزارة العلوم والتكنولوجيا، وشركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، والشركة الكورية لهندسة الطاقة، والشركة الكورية للصناعات الثقيلة، وشركة الوقود النووي الكورية. (هذا الموضوع سيتم تناوله بتفصيل أكثر في القسم الثاني من هذا الكتاب.) لقد أظهر بارك ثقته الشخصية بالكوادر البشرية العاملة في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، باعتبارهم عنصراً حاسماً في تحقيق الاعتماد الذاتي التقني بأسرع مما هو متوقع، وذلك من خلال تنفيذهم مشروع بناء وحدات يونغوانغ 3 و4.[9]

الفصل الرابع

مصمم النظام

استغرق الأمر وقتاً طويلاً لإدراك القيمة الحقيقية لتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار NSSS، وتقدير أهميته لمحطات الطاقة النووية في كوريا. لقد بدأت عملية التعلم التدريجي لتقنيات محطات الطاقة النووية من مرحلة العمليات، ثم الهياكل الهندسية/ المدنية، ثم المكونات غير الخاصة بالسلامة، صعوداً إلى المكونات الخاصة بالسلامة، ثم التوربينات/ المولّدات، ثم الوقود النووي، ثم مكونات المفاعل، وأخيراً الدراية التقنية بتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار. إن نطاق تصميم نظم المفاعلات عادة يشمل دورة تبريد المفاعل التي تولد الحرارة من الوقود؛ والنظم المساعدة التي توفر دعماً مباشراً لتشغيل دورة تبريد المفاعل؛ مثل التحكم في حجم المواد الكيميائية، ونظم السلامة التي تخفف من حالات الحوادث، وتصميم غرفة التحكم الرئيسية. وعلى هذا النحو، فإن مصمم النظام هو الذي يحدد نوع المفاعل (مفاعل الماء المضغوط، أو مفاعل الماء المغلي، ...إلخ)، ومستوى الطاقة، ومتطلبات وقود اليورانيوم، والتعرض للإشعاع، وسيناريوهات مستوى السلامة والحوادث، ومواصفات المعدات الرئيسية، مثل وعاء المفاعل، والمبادئ التوجيهية لاختبارات بدء التشغيل. وبمجرد أن يتقن المرء تكنولوجيا تصميم النظم يصبح قادراً على تغيير التصميم الأساسي لمحطة الطاقة النووية؛ كأن يزيد مستوى الطاقة والإعدادات الأساسية؛ وهذا هو السبب في أن يتولى مصمم النظام ضمان أداء محطة الطاقة النووية، ويُعِد الأجزاء الأساسية من تقارير تحليل السلامة، ويتحمّل المسؤولية الرئيسية في منح التراخيص التنظيمية. كذلك، تأتي تكنولوجيا تصميم النظم في إطار نظام الرقابة على الصادرات، عندما يراد نقل التكنولوجيا إلى بلد أجنبي. وفي بعض الأحيان تعد «تكنولوجيا حساسة» بمعنى قابليتها للانتشار النووي، إذا كان المرء يستطيع تغيير الوظائف الأساسية للمفاعل بالعديد من الطرق.

توجد أربع دول فقط استطاعت تطوير تصاميم ناجحة تجارياً في النظام النووي للتزويد بالبخار بتكنولوجيات أصلية: مفاعل الماء المضغوط الذي طوّرته كل من وستنجهاوس، وكومبسشن إنجنيرينغ، وبابكوك آند ويلكوكس Babcock & Wilcox؛ ومفاعل الماء المغلي الذي طوّرته جنرال إلكتريك الأمريكية؛ والمفاعل المتقدم المبرَّد بالغاز الذي طورته المملكة المتحدة؛ ومفاعل كاندو الذي طورته شركة الطاقة الذرية الكندية؛ ومفاعل الماء المضغوط من نوع VVER الذي طورته روسيا، وكل دولة طورت مفاعلها على نحو مستقل عن الدول الأخرى. وجميع هذه الدول تمتلك أسلحة نووية، باستثناء كندا. أما الدولتان النوويتان الأخريان، فرنسا والصين، فقد اضطرتا لاستيراد تكنولوجيات محطات الطاقة النووية التجارية (أهمها تكنولوجيا تصميم النُّظم): فقد استوردت شركة فراماتوم الفرنسية تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط من شركة وستنجهاوس في خمسينيات القرن العشرين؛ واستوردت الصين تكنولوجيات مفاعل الماء المضغوط المتقدّم من نوع AP1000 الذي طورته شركة وستنجهاوس، ومفاعل الماء المضغوط الأوربي الذي طورته شركة أريفا الفرنسية في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. كما اضطرت اليابان إلى استيراد تكنولوجيات مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء المغلي من الولايات المتحدة في ستينيات القرن العشرين، على الرغم من مستواها المتقدم في القدرات التكنولوجية النووية الأساسية. وجاءت التجربة الكورية في الحصول على تكنولوجيا تصميم النُّظم متزامنة مع برنامج توحيد المعايير في ثمانينيات القرن العشرين، لكنها استغرقت وقتاً أطول لتهيئة البيئة المناسبة لهذه التكنولوجيا الجديدة لكي تترسخ جذورها اعتماداً على محطات الطاقة النووية التجارية قبل قصة مشروعَي يونغوانغ 3 و4. وبالمقارنة مع الدول الأخرى التي تتوافر لديها معرفة تقنية في تصميم النظم، فإن معالجة كوريا لهذا التحدي المعرفي تمت من خلال اختيار الجهة المناسبة لتولي المسؤولية أولاً.

توحيد المعايير على نطاق ضيق

بدأت شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو) مشروع توحيد معايير المحطات النووية في أوائل عام 1980، خلال المرحلة الأولى من إدخال محطات الطاقة النووية،

كوري 1 و2 وولسونغ 1، إلى كوريا. وغني عن القول إن مشاريع المرحلة الأولى كانت جميعها محطات بتسليم المفتاح: كوري 1 و2 من شركة وستنجهاوس، وولسونغ 1 من شركة الطاقة الذرية الكندية، (وأُلتشين 1 و2 من شركة فراماتوم إلى حد ما). إن ضرورة التعامل مع ثلاثة أنواع مختلفة من محطات الطاقة النووية المستوردة من ثلاث دول مختلفة كانت عملية مضنية، وقد شعر كل القطاع النووي الكوري، وخاصة الشركة الكورية للكهرباء، بالمعاناة المتزايدة الناجمة عن ذلك. كان مفاعل الماء المضغوط الذي تصنعه شركة وستنجهاوس ومفاعل الماء المضغوط الذي تصنعه شركة فراماتوم يستخدمان نفس النظام النووي للتزويد بالبخار، لكن توجد بينهما اختلافات عديدة في طرائق التشغيل والصيانة. أما تصميم نظام مفاعل كاندو الكندي فقد كان مختلفاً تماماً؛ فهو مفاعل ماء ثقيل يتطلب مستويات ضغط/ درجة حرارة أدنى. كما أن متطلبات الترخيص التنظيمي مختلفة أيضاً، الأمر الذي يسبب أحياناً خلطاً وازدواجية بين الجهاز الرقابي والمشغِّل. فإذا كانت كوريا ستمتلك المزيد من محطات الطاقة النووية في المستقبل (كما تبين ذلك في الواقع)، فكان من المنطقي أن تعمل على توطين تكنولوجيات المحطات النووية الرئيسية في المؤسسات الكورية المتخصصة. ولكي تحقق كوريا هذا الهدف الطموح كان عليها إكمال وضع استراتيجيتها الخاصة بالمفاعلات، وتوحيد معايير مفاعلات الطاقة التي سيتم إنشاؤها في المستقبل. وبناءً على تكنولوجيات مفاعلات الطاقة التجارية التي كانت سائدة في عام 1980، شرعت وزارة الطاقة والموارد في إجراء دراسة حول توحيد معايير محطات الطاقة النووية. وكانت الجهات المشاركة في الدراسة تتكون من: الشركة الكورية للكهرباء، والشركة الكورية لهندسة الطاقة، والشركة الكورية للصناعات الثقيلة، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وشركة الوقود النووي الكورية، حيث تولّت الشركة الكورية للكهرباء دور القيادة في هذا الجهد. وكان الهدف هو التوصل إلى برنامج طويل الأجل لبناء محطات الطاقة النووية بقدرات ذاتية بحلول تسعينيات القرن العشرين، على أن تكون المكونات الكورية في هذه المحطات تمثل 90 في المئة. كان هناك أيضاً تصور بأن توحيد معايير محطات الطاقة النووية سيؤدي إلى تخفيض الوقت الذي يستغرقه بناء المحطات، فضلاً عن تخفيض تكاليفها الأولية. وفي بداية ثمانينيات القرن العشرين كان مستوى

المعرفة في مجال تصميم محطات الطاقة النووية محدوداً بين الجهات المشاركة في وضع المعايير الموحدة؛ فالشركة الكورية للكهرباء لديها بعض الخبرة الإدارية في التشغيل والبناء، والشركة الكورية لهندسة الطاقة لديها بعض الخبرة في التصميم الهندسي المعماري للمحطات، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لديه تجارب في تصميم الوقود النووي فقط. وتم اختيار النموذج الفرنسي - الذي استخدمته شركة كهرباء فرنسا، شركة المرافق، وشركة فراماتوم، الشركة المورّدة، لنشر سلسلة CP-1 وCP-2 من مفاعلات الطاقة النووية - كنموذج وطني. وكان الفرق الوحيد هو إشراك معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، المختبر النووي الوطني، في حين أن هيئة الطاقة الذرية والطاقات البديلة الفرنسية لم تشارك مباشرة في تخطيط محطات الطاقة النووية التجارية وتصميمها.

تم بناء أول ثلاث محطات للطاقة النووية خلال سبعينيات القرن العشرين بموجب عقود تسليم المفتاح مع موردين من الخارج، نظراً لعدم وجود قاعدة تكنولوجية محلية. كانت وحدة كوري 1 أول محطة للطاقة النووية في البلاد أنشأتها شركة وستنجهاوس الأمريكية وفقاً لمبدأ تسليم المفتاح، ودخلت المحطة حيز التشغيل التجاري في عام 1978، ثم جاء بعد ذلك مفاعل كاندو الكندي في وحدة ولسونغ 1 ووحدة كوري 2 في عامي 1982 و1983 على التوالي. وقد اقتصرت المكونات الكورية في هذا المشاريع على ما قامت به شركة المرافق الكهربائية النووية الوحيدة، الشركة الكورية للكهرباء، من أعمال الهندسة المدنية في الموقع وتشغيل المفاعلات. وخلال ثمانينيات القرن العشرين تم بناء محطات الطاقة النووية الأربع التالية: وحدات كوري 3 و4، ووحدات يونغوانغ 1 و2 التي كانت «محطات نووية معيارية مصغرة» لديها التصميم نفسه ومن الموردين أنفسهم، غير أن الشركة الكورية للكهرباء تولت هذه المرة مسؤولية أكبر في إدخال المزيد من المكونات الكورية في العقود. وجاءت المفاعلات الأربعة من شركة وستنجهاوس (مفاعلات ماء مضغوط ثلاثية الدورات بقدرة 900 ميغاواط من الكهرباء)، ووفرت شركة جنرال إلكتريك GE المولدات التوربينية، بينما قامت شركة بِكتل Bechtel بأعمال الهندسة المعمارية. لقد اكتسبت الشركة الكورية للكهرباء خبرة ثمينة في الإدارة الشاملة للمشاريع

من خلال إشرافها على ثلاثة مقاولين أجانب رئيسيين (وستنجهاوس، وجنرال إلكتريك، وبِكتل)، فحققت الأهداف المتعلقة بالجدول الزمني والتكلفة، والأهم من ذلك كله الأهداف المتعلقة بالجودة.[1]

تعززت الفائدة من توطين المعدات بدرجة كبيرة نتيجة إلزام المورّد الأجنبي بتوفير خدمات نقل التكنولوجيا أيضاً. وخاض العديد من الشركات الكورية تجربة إنشاء نظم الجودة النووية لأول مرة بصفة مقاولين فرعيين للشركات المتعهدة الرئيسية، واكتسبت خبرات ومؤهلات عملية، مثل شهادة N-stamp الصادرة عن الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية ASME. وأنجزت الشركات الكورية أكثر من 35 في المئة من توطين المعدات، ونحو 95 في المئة من أعمال البناء في مشروعَي يونغوانغ 1 و2. يقول مدير مشروعَي كوري 3 و4 القادم من الشركة الكورية للكهرباء، شيم تشانغ-ساينغ: «كان التحدي الأصعب الذي واجهناه هو محاولة استخلاص عقد تكلفة من عقد ذي سعر ثابت في مجال الهندسة المعمارية مع شركة بِكتل من دون فقدان السيطرة على التكاليف وفقدان نقل التكنولوجيا، فمن دون هذه الخبرة لم يكن باستطاعتنا أن ننجح في عملية الاعتماد الذاتي التقني في مشروعَي يونغوانغ 3 و4». بعبارة أخرى، بلغت الخبرات المتراكمة في القطاع النووي الكوري، خصوصاً خبرة الشركة الكورية للكهرباء في إدارة المشاريع، مستوى كافٍ لتمهيد الطريق أمام توطين تكنولوجيا الطاقة النووية على نطاق واسع في كوريا في ثمانينيات القرن العشرين. وفي عام 1982 تمت إعادة هيكلة الشركة الكورية للكهرباء لتُعرف باسم شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو)، وذلك بموجب مرسوم حكومي صدر أساساً لمعالجة قضية الإدارة المالية بأقل تأثير في مشاريع الطاقة النووية.

قبل أن يبدأ مشروعا يونغوانغ 3 و4 في منتصف ثمانينيات القرن العشرين، كانت كوريا قد أكلمت بناء وتشغيل تسع محطات طاقة نووية: المحطات الثلاث الأولى كانت بعقود تسليم المفتاح، تلتها ست محطات أنشئت بعقود مجزَّأة حسب المكونات. ويمكن تصنيف تصاميم جميع الوحدات بأنها الجيل الأول من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات

كاندو الأمريكية والكندية والفرنسية. وخلال تلك الفترة قامت الشركات الموردة للنظام النووي للتزويد بالبخار (مثل وستنجهاوس، وكومبسشن إنجنيرينغ، وجنرال إلكتريك، والطاقة الذرية الكندية، وفراماتوم) بدمج تصاميمها للمفاعلات مع مختلف شركات الهندسة المعمارية التي اختارها عملاؤها من شركات المرافق الكهربائية. ونتيجة لذلك، كان تصميم كل محطة طاقة نووية مختلفاً عن الآخر. واستمر الوضع إلى أن وقع حادث جزيرة ثري مايل في الولايات المتحدة، وما تلاه من فترة تباطؤ. بعد ذلك بدأ البناء الجديد يضع متطلبات المستخدم في تصميم معياري موحد لجميع محطات الطاقة النووية. وقاد معهد بحوث الطاقة الكهربائية الأمريكي هذا التوجه الجديد؛ وكانت النتيجة المنطقية تتمثل في فكرة مفاعل الماء الخفيف المتقدم بتراخيص معيارية موحدة وتصميم كامل للمحطة النووية؛ أي إن التصميم تحدده احتياجات العميل وليس رغبات المزود. كانت تلك بداية ظهور الجيل الثاني من محطات الطاقة النووية ذات التصميم المعياري الموحد بالكامل. وكان مشروعا يونغوانغ 3 و 4 عند نقطة البداية في تاريخ الطاقة النووية العالمية ليستفيدا أفضل استفادة من نهج الجيل الثاني من محطات الطاقة النووية. وتزامن بناء عدد كبير من المحطات المتماثلة مع نقل التكنولوجيا على نطاق كامل، مرة وإلى الأبد.[2]

تصميم وعاء المفاعل فقط

كان ذلك أحد أيام الجمعة، في فترة ما بعد الظهر، ولم تمض سوى بضعة أشهر على تعيين هان بيل-سون رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في أواخر أغسطس 1984 خلفاً للرئسي تشا جونغ-هي. ترقّى هان إلى منصب الرئيس التنفيذي بعد عامين فقط من انضمامه إلى مركز دايدوك الهندسي نائباً لرئيسه. كان وقتها، بلا جدال، حصاناً أسود جديداً في الساحة النووية الكورية بعد النجاحات التي أثبتها سلفاً في مشروع ولسونغ ومشروع الوقود النووي لمفاعلات الماء المضغوط. علاوة على ذلك، تم تعيين هان رئيساً لشركة الوقود النووي الكورية، إضافة إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1983، ما يشير إلى وجود دعم قوي من البيت الأزرق (مقر رئاسة الجمهورية). دعا هان

كبار موظفي المعهد إلى اجتماع في قاعة كبار الزوار التابعة للمعهد في سيول. فجاء من مجمّع تاينونغ ومركز دايدوك الهندسي بدايجون نحو عشرين من مديري الأقسام وأصحاب المناصب العليا. ألقى هان كلمة افتتاحية حول هدف الاجتماع: إيجاد الطرق والوسائل التي تمكّن معهد بحوث الطاقة الذرية من المشاركة بدور المصمم للنظام النووي للتزويد بالبخار في مشاريع محطات الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة المقبلة، بدءاً من بناء يونغوانغ 3 و4. كما أكد الزخم المتنامي والثقة المكتسبة من خلال تنفيذ مشروعين لتوطين الوقود النووي، مضيفاً بأن الخطوة المنطقية التالية هي تولّي المسؤولية عن تصميم نظام النووي للتزويد بالبخار بأكمله. وأياً كانت حصيلة هذا الاجتماع، فستُعلن في الاجتماع المقبل لمجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية بوزارة الطاقة والموارد، لتحديد المسؤوليات المختلفة التي ينبغي أن تضطلع بها المؤسسات المحلية فيما يتعلق بجهود الاعتماد الذاتي التقني.

استمرت المناقشات الساخنة إلى ما بعد منتصف الليل، ولم يتوصل الحاضرون إلى إجماع. وكان واضحاً أن القليل جداً من كبار الموظفين في ذلك الاجتماع لديه أي فكرة عن معنى أن تُصبح مصمم نظام مفاعلات لمحطات طاقة نووية تجارية بالكامل؛ وذلك لأنه في ذلك الوقت لا يوجد أحد في كوريا يمتلك خبرة عملية في تصميم نظم المفاعلات. وشكك الكثيرون في جدوى انخراط معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في أنشطة تصميم نظم المفاعلات لمحطات الطاقة النووية، أو في مقدرته على تلبية مسؤوليات المشاريع التجارية. لكن الحقيقة التي اتفق عليها الجميع هي أن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليس لديه فائض قوة بشرية ليستخدمها في مهمة رئيسية جديدة، نظراً لحجم العمل الحالي الذي يجري في اثنين من مشاريع الوقود النووي. وهناك بالفعل نحو مئة من موظفي المعهد يعملون في مشروع وقود مفاعلات الماء المضغوط، بالإضافة إلى مئة وخمسين يعملون في مشروع ولسونغ لتوطين وقود مفاعلات الماء الثقيل المضغوط. وتوصل المجتمعون نحو الساعة الثانية صباحاً إلى أن يشارك المعهد -كحلٍّ وسَط مؤقت- في تصميم وعاء المفاعل فقط (بما في ذلك الوقود)، ويتخلى عن المشاركة فيما تبقى من

تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار، نظراً لعدم تـوافر القـوة البـشرية. ولم يكـن هـان راضياً عن نتيجة الاجتماع، لكنه لم يمارس أي ضغط في تلك اللحظة. ومن المفارقات أن لا أحد في الاجتماع في تلك الليلة كان يعلم أن من الممكن تقسيم تـصميم نظـام المفاعـل إلى جزأين: جزء لوعاء المفاعل فقط، والجزء الآخر هو لما تبقى مـن النظـام النـووي للتزويـد بالبخار. وكلا الجزأين مرتبط ارتباطاً تكاملياً بحيث إن كـل شركـة مـن شركـات توريـد المفاعلات (مثل وستنجهاوس، وفراماتوم، وكومبسشن إنجنيرينج) توفر تصميماً للنظـام يتضمن النظام النووي للتزويد بالبخار بأكمله، بما فيه الوقود ووعـاء المفاعـل. للأسـف، كان ذلك انعكاساً بسيطاً، لكنه سـابق لأوانـه، لـمستوى المعرفـة بـنظم مفـاعلات الطاقـة النووية بين موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في ذلـك الوقـت. لقـد كـان مـن الخطأ أن يتم تصحيح ذلك في المستقبل القريب جداً.

الحكم النهائي

سرعان ما سرت الشائعات بأن معهد بحوث الطاقة الذرية الكـوري لـن يـشارك في تصميم النظم (ماعدا الجزء الخاص بوعـاء المفاعـل). وكانـت الـشركة الكوريـة لهندسـة الطاقة (شركة الهندسة المعمارية لبناء المحطـات)، والـشركة الكوريـة للـصناعات الثقيلـة (الشركة المصنعة للنظـام النـووي للتزويـد بالبخـار) تتوقـان إلى البـدء في العمـل؛ لأنهـما مدركتان أهمية السيطرة على تكنولوجيا تصميم الـنظم. وفي الواقـع، كانـت الـشركتان في حالـة تنـافس مـع معهـد بحـوث الطاقـة الذريـة الكـوري حـول مـن سيكـسب قطـاع التكنولوجيا النووية المنشود. وجاء أحد المقربين من رئيس الشركة الكورية لهندسة الطاقـة إلى دايدوك وعقد جلسات سرية مع هان. لقد كانوا مستعدين للدخول في أعـمال تـصميم النظم، ويطلبون من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أن يعير الشركة الكورية لهندسـة الطاقة نحو 60 شخصاً من قوته البشرية المؤهلة. لم يستطع هان إعطاءه رداً واضحاً، لكنـه شعر بحيرة كبيرة إزاء هذا الأمر، وقال «كيف تأتّت لهم هذه الرغبة العارمة في العمل مـن دون امتلاك أي قوة بشرية، في حين نتخلى نحن عن الفرصة لمجـرد نقـص فقـط في القـوة

البشرية؟» وفجأة هبطت على هان فكرة شائعة في عالم الأعمال تقول إن أي رجل أعمال حصيف سيغامر باغتنام أي صفقة جديدة مربحة دون امتلاكه القوة البشرية المؤهلة والتكنولوجيا المطلوبة لإنجاز العمل، والمنطق وراء ذلك هو أنك وبمجرد حصولك على الصفقة (والتمويل) ستستقطب كل القوى البشرية المطلوبة وتشتري التكنولوجيا من مصادر خارجية. كانت تلك هي الحقيقة البسيطة والصعبة التي لم يكن لعلماء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أي فكرة عنها، لكنها هي الطريقة التي حققت بها معظم الشركات الكورية نمواً قياسياً في العقود الأخيرة رغم كل التقلبات الاقتصادية. وكان ذلك هو الفرق بين عقلية العلماء وعقلية رجال الأعمال. اتخذ هان القرار بنفسه بأن يصبح المعهد مصمِّماً لنظم محطات الطاقة النووية (وليس مصمماً لوعاء المفاعل فقط)، وذلك من أجل تحقيق الاعتماد الذاتي الوطني في مجال الطاقة النووية، الذي يختلف عن غيره من قطاعات الأعمال التجارية الأخرى.[3]

اتضح أن هذه المسألة تحديداً هي الأصعب بين أعضاء مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية، خصوصاً بين الشركة الكورية لهندسة الطاقة ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وكانت الاجتماعات التي عقدها مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية في السابق حول هذا الموضوع قد أعطت الشركة الكورية لهندسة الطاقة دور مصمم النظم وبقية التصميم المعماري لمحطات الطاقة النووية، وأعطت معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري دور مصمم وعاء المفاعل فقط (بما في ذلك التصميم الأساسي). وكان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري متردداً للغاية في إظهار قدراته الحقيقية، كما شهدت على ذلك حصيلة مناقشاته التي عقدها في عام 1984. وبدا أن التقسيم الفعلي لتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار إلى جزأين (وعاء المفاعل، وبقية النظام) تنجزهما مؤسستين مختلفتين قد ثبِّت وانتهى. غير أن المداولات والمشاورات الإضافية قد بدأت تُظهِر العيوب المنطقية الأساسية لهذا التقسيم؛ لأنه لا توجد شركة تصنيع نووي في العالم (وستنجهاوس، وجنرال إلكتريك، وفراماتوم، وشركة الطاقة الذرية الكندية) لديها مثل هذا التقسيم للمسؤوليات. وفي الواقع، من المستحيل تقسيم تصميم النظام إلى قسمين

على هذا النحو، إذا أردتَ أن تنجز مشروعاً حقيقياً لإنشاء محطة طاقة نووية. فبدأت الشركات الأعضاء في مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية تراجع أفكارها حول المسائل العملية في جوانب الإدارة التقنية بعد أن التمست النصح من مستشارين أجانب. وكان معهد الطاقة الذرية الكوري المؤسسة النووية الوحيدة في كوريا التي تمتلك أكثر من 300 موظف تقني في مجال الوقود النووي وهندسة مفاعلات الطاقة في عام 1985، يحملون درجات عليا في الهندسة (ماجستير ودكتوراه)، في حين لم يكن لدى المؤسسات الأخرى سوى بضعة مهندسين بهذه الكفاءات والمؤهلات. يمكن القول بأن هذا التقسيم يمكن أن يكون مقبولاً إذا كان الهدف الأوحد هو إنشاء محطة طاقة نووية، لكن مشروع يونغوانغ 3 و 4 كان شيئاً مختلفاً. لقد أُعطي الاعتماد الذاتي التقني أهمية أكبر من أهمية البناء والتشييد، وكان من الأهمية بمكان تحديد من يتولى المسؤولية عن التكنولوجيا النووية.

حدثت نقطة التحول في 25 يونيو 1985 خلال اجتماع خاص عقده مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية في مكتب الرئيس بارك جونغ-كي في سيول بدعوة منه، وتزامن عقد الاجتماع مع الذكرى الخامسة والثلاثين للحرب الكورية. وقد حضر الاجتماع جميع الرؤساء التنفيذيين لشركات الطاقة الكهربائية الأعضاء في المجموعة: رئيس الشركة الكورية للصناعات الثقيلة سونغ ناك-جونغ، ورئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري/ شركة الوقود النووي الكورية هان بيل-سون، ورئيس الشركة الكورية لهندسة الطاقة تشونغ كون-مو، بالإضافة إلى رئيس الشركة الكورية لخدمات وهندسة المنشآت كيم سون-تشانغ. وكانت الأجندة الرئيسية هي وضع اللمسات الأخيرة لتحديد المؤسسات التي تضطلع بجهود الاعتماد الذاتي التقني في مجال محطات الطاقة النووية استعداداً لمشروع بناء يونغوانغ 3 و4 المرتقب، خصوصاً فيما يتعلق بالجدل الدائر حول من يتولى دور مصمم النظام النووي للتزويد بالبخار. ولابد من أن الثقة المتزايدة والشراكة بين بارك وهان قد لعبت دوراً خفياً في تغيير الموقف السابق الذي اتخذه أعضاء مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية. وقد استذكر بارك هذا الموقف وعلق عليه بقوله: «كان واضحاً في ذهني أن المؤسسة التي تمتلك القوة البشرية الأعلى كفاءة ينبغي أن تتولى دور

مصمم النُّظم؛ لأنها تستطيع تحقيق الاعتماد الذاتي التقني في أقصر فترة ممكنة».[4] قدّم هان أيضاً حجة قوية لكي يتولى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري دور مصمم النُّظم بأكمله. وتوضح محاضر ذلك الاجتماع الذي عُقد في 25 يونيو هذا القرار التاريخي بكثير من التفصيل. وفي تقسيم مسؤوليات نقل التكنولوجيا الخاصة بالنظام النووي للتزويد بالبخار، أصبح وعاء المفاعل الآن متكاملاً مع حزمة تصميم نظم المفاعلات المكلّف بها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، في حين أُوكلت للشركة الكورية للصناعات الثقيلة مهمة تصنيع المعدات. ولم يعد هناك تقسيم بين وعاء المفاعل وبقية النظام النووي للتزويد بالبخار. ووفقاً لشروط عقد بناء محطة الطاقة النووية، كانت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة المقاول الرئيسي لتوريد النظام النووي للتزويد بالبخار، بينما قدم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري للشركة الكورية للصناعات الثقيلة التصميم الكامل للنظام. لقد كان بالفعل يوماً عظيماً في مسيرة توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا، وكان يوم العبور إلى الهدف المنشود.[5]

منذ ذلك اليوم، أصبح معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مسؤولاً عن نقل التكنولوجيا، وكذلك توفير تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار، المطلوب لمشروع يونغوانغ 3 و4. وقد باركت لجنة الطاقة الذرية هذا القرار التاريخي رسمياً في اجتماعها رقم 214 المنعقد في 29 يوليو 1985. وبعد 12 عاماً من إنشاء مشروع يونغوانغ 3 و4، وتحقيق الاعتماد الذاتي التقني، تم نقل فريق تصميم النظم بأكمله (بلغ 350 موظفاً بحلول عام 1997) من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى الشركة الكورية لهندسة الطاقة، ومعه المشاريع الجارية لتصميم نظم محطات الطاقة النووية. وسيحكم التاريخ بأن العدد القياسي من محطات الطاقة النووية التي شُيِّدت في كوريا بعد حادثة تشرنوبل، ثم الفوز بعقد بناء محطات للطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2009، كانت نقطة التحول الحاسمة فيه قد حدثت يوم ذكرى الحرب الكورية في عام 1985. وكان الأثر النهائي لتولِّي المختبر النووي الوطني مسؤولية نقل التكنولوجيا وتوفير تصميم النظم، في الوقت نفسه، إلى الشركة الكورية للصناعات الثقيلة الموِّردة للنظام النووي للتزويد

بالبخار، هو تحقيق الاعتماد الذاتي التقني في أقصر وقت ممكن. لقد كان نموذجاً فريداً مكّن دولة نامية من امتلاك التكنولوجيا الأرفع مستوى، وحوَّل كوريا إلى دولة مصدِّرة للتكنولوجيا النووية. ومنذ عام 1985 تم تنظيم المؤسسات النووية الكورية نهائياً وفقاً لمسؤوليات كل منها، على النحو الآتي:

- شركة كيبكو: الإدارة العامة لمشاريع البناء ونقل التكنولوجيا.
- الشركة الكورية لهندسة الطاقة: هندسة بناء المحطات.
- معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري: تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار والتصميم الأولي الأساسي.
- الشركة الكورية للصناعات الثقيلة: تصميم وتصنيع التوربينات/ المولّدات للنظام النووي للتزويد بالبخار.
- شركة الوقود النووي الكورية: تصنيع الوقود النووي.

تمثل هذه المؤسسات العمود الفقري للشركات الأعضاء بمجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية، والركائز الأساسية لتكنولوجيا الطاقة النووية الكورية في العقود القادمة. كان أعضاء مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية يقيمون ورش عمل ربع سنوية خلال الفترة 1985-1997، تستضيفها الشركات الأعضاء بالتناوب؛ وذلك للمناقشة والتحاور والتعلم من تجاربهم وتبادل الخبرات في مختلف جوانب تكنولوجيات بناء المحطات النووية. وبدأت عرى الاحترام المتبادل تتوثق بين الأعضاء، وينشأ توافق بين تجاربهم الفريدة في الحياة.

الفصل الخامس

أفضل موجِّه

الشروع في العمل

بمجرد أن أكدت السلطات العليا في كوريا في يوليو 1985 لإدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مهمتها الجديدة، المتمثلة في تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار، كانت الخطوة الأولى هي تشكيل فريق جديد للمشاريع، أُطلق عليه اسم «قسم نُظم مفاعلات الطاقة» ويتبع لنائب رئيس المعهد للمشاريع النووية، ريم تشانغ-ساينغ. وكان فريق تصميم الوقود لمفاعلات الماء المضغوط يعمل بكامل طاقته في مشروع الوقود المكلف به، حيث يقوم بتنفيذ أنشطة التصميم المشترك مع شركة كرافتويرك يونيون في إيرلانغين بألمانيا (كان مدير المشروع كين سي-هوان). واختير كيم بيونغ-كو من مشروع ولسونغ للوقود ليكون على رأس «قسم نظم مفاعلات الطاقة» بصفة مدير مشاريع. فقد درس كيم بيونغ-كو الهندسة الميكانيكية في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، وعمل في مختبر الدفع النفاث بوكالة ناسا الأمريكية للفضاء قبل عودته إلى كوريا في عام 1975. تم تشكيل فريق المشاريع وتعيين رؤساء الأقسام باختيار الشخصيات الأفضل بين الكوادر في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الذين لديهم خلفيات في المجال النووي والميكانيكي والإلكتروني وتحليل السلامة، وكانوا كالتالي:

- إدارة المشاريع: كيم بيونغ-كو.
- التصميم النووي: كوه جونغ-إوي.
- تصميم نظم الموائع: لي بيونغ-ريونغ.

- التصميم الميكانيكي: سون غاب-هيون.
- أجهزة المراقبة والتحكّم: هام تشانغ-شيك.
- تحليل السلامة: كيم دونغ-سو.
- مكتب مراقبة المشاريع: يانغ سوينغ-يوينغ/ لي إك-هوان.

كانوا جميعاً في أواخر الثلاثينيات وبداية الأربعينيات من أعمارهم، وتلقوا تعليمياً تقنياً جيداً (درجات ماجستير ودكتوراه من جامعات محلية وأجنبية)، لكنهم يفتقرون إلى الخبرة العملية في تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار. ومع ذلك، كان كل واحد منهم يعلم أنه يدخل أكثر التجارب إثارة في حياته، وكان كله حماسة وحرصاً على التفوق.

كانت المهمة الأولى لفريق «قسم نظم مفاعلات الطاقة» في عام 1985 هي المشاركة في مشروع توحيد معايير محطات الطاقة النووية الذي نظمته وزارة الطاقة والموارد بالتعاون مع شركة كيبكو والشركة الكورية لهندسة الطاقة والشركة الكورية للصناعات الثقيلة، في إطار التحضير لمشروع يونغوانغ 3 و4 المقبل. وسرعان ما بدأ الضغط يتزايد لتجهيز وثائق الدعوة للعطاءات من أجل تحقيق الاعتماد الذاتي التقني، وبناء مشروع يونغوانغ 3 و4 في الوقت نفسه. وبلغ إجمالي شركات التصنيع النووي، الأفضل في العالم، المؤهلة للدخول في العطاء 23 شركة تنتمي إلى سبع دول، هي:

- النظام النووي للتزويد بالبخار: وستنجهاوس، وكومبسشن إنجنيرينغ، وفراماتوم، وكرافتويرك يونيون، وشركة الطاقة الذرية الكندية، وميتسوبيشي للصناعات الثقيلة (6 شركات).
- التوربينات/ المولدات: وستنجهاوس، وجنرال إلكتريك، وبراون بوفيري آند سي، وألستوم، وشركة الكهرباء العامة البريطانية، وكرافتويرك يونيون، وميتسوبيشي للصناعات الثقيلة، وهيتاشي (8 شركات).

- الهندسة المعمارية: بِكتل، وسارجنت آنـد لَنـدي، وإيباسـكو، وسـتون آنـد ويبستر، وغيلبرت، وغيبس آند هيل، وكرافتويرك يونيون، وشركـة كهربـاء فرنـسا، وشركـة الطاقة الذرية الكندية (9 شركات).
- تصنيع الوقود: نفس الشركات المدرجة في قائمة النظام النووي للتزويد بالبخار.

كانت كيبكو في موقع القيادة لاختيار قائمة مقدمي العطاءات المؤهلين، ضماناً للحياد وعدم استبعاد أي مقدّمي عطـاءات يمكـن أن يكونـوا مـؤهلين، والتأكيـد الكامـل عـلى تساوي الفرص وعدالتها أمام كل مقـدّمي العطـاءات. ووفقـاً لتقـسيم المـسؤوليات بـين المؤسسات الكورية، شرعت كل مؤسسة في إعداد وثائق الدعوة للعطاءات الموكلة إليهـا: الشركة الكورية للصناعات الثقيلة لإعداد وثائق عطاءات النظام النووي للتزويد بالبخار وتصميم وتصنيع التوربينات/ المولّدات، ومعهد بحوث الطاقة الذريـة الكـوري لإعـداد وثائق عطاءات تـصميم النظـام النـووي للتزويـد بالبخـار والتـصميم الأسـاسي الأولي، والشركة الكورية لهندسة الطاقة لإعداد وثائق عطاءات الهندسة المعمارية، وشركـة الوقـود النووي الكورية لإعداد وثائق تصنيع الوقـود النـووي. وكانـت التكلفـة الإجماليـة لبنـاء مشروع يونغوانغ 3 و4 تقدّر بأكثر من ثلاثة مليارات دولار أمريكي، بـما في ذلـك تكلفـة نقل التكنولوجيا، وكان هذا المشروع هـو الأكـبر في تـاريخ كوريـا. كـان تـصميم النظـام النووي للتزويد بالبخار يعد الأهـم بـين العطـاءات، وحـدد الـصيغة التـي وُضـعت بهـا تعريفات المشروع بأكمله، مثلما يحدد مصمم نظم المفاعل النـوعَ الأسـاسي لمحطـة الطاقـة النووية، ومستوى أداء المحطة وجودتها، ومتطلبات الترخـيص التنظيمـي. وكانـت فـرق المشروع في مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية تجتمع كثيراً في مكتب شركـة كيبكـو في سيول لغرض تنـسيق وثـائق الـدعوة إلى العطـاءات. وبعـد ثلاثـة أشـهر مـن العمـل المتواصل ليل نهار، أُرسلت الدعوات أخيراً في 4 نوفمبر 1985 إلى جميع الشركات الاثنتين والعشرين المؤهلة، على أن تسلم هذه الشركات عروضها بتاريخ أقصاه 21 مارس 1986، حيث أُعطيت كل شركة فترة خمسة أشهر لإعداد وثائق العرض الذي ستقدمه للكـوريين. ولم يتوانَ قسم نظم مفاعلات الطاقة بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في تسليم وثيقة

الدعوة للعطاء إلى شركة كيبكو لترسلها في الوقت المحدد. وتقرر أن تكون اللغة الرسمية هي اللغة الإنجليزية فقط. وتم إنشاء مكتب مؤقت جديد في مبنى ناءٍ - قاعة كبار الزوار في مجمّع دايدوك التي تحتوي على أماكن للنوم - وذلك لمواصلة العمل طوال 24 ساعة مع توفير متطلبات الأمن والسرية التامة. كان المكان أشبه بغرفة حرب في مقر للقيادة العسكرية. وكان يختلف كثيراً عن بقية مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، كأنه قادم من كوكب آخر. حينها أدرك كل عضو في فريق قسم نظم مفاعلات الطاقة ما هو بصدد القيام به، ثم تدريجياً عرف كل منهم أهمية مجال تصميم النظم الذي آل إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بعد صراع داخلي مرير. كانت دعوة العطاء الخاصة بتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار تحديداً تطالب بثلاث وثائق منفصلة للتقييم التقني، إضافة إلى عروض السعر في ملف منفصل (وتقرر أن يُفتح سجل عروض الأسعار بحضور مقدِّمي العروض في اليوم الختامي لعملية التقييم بشركة كيبكو). ويجب أن تحتوي وثائق العطاءات التقنية على: (1) عملية التصميم المشترك للنظام النووي للتزويد بالبخار، (2) محتويات/ تفاصيل نقل التكنولوجيا، (3) تقييم ذاتي للنظام النووي للتزويد بالبخار من جانب الشركة المصنِّعة/ الموَرِّدة.

كانت الصناعة النووية العالمية تشهد تباطؤاً فعلياً في منتصف ثمانينيات القرن العشرين إلى أن وقعت حادثة تشرنوبل المدمرة في أوكرانيا في إبريل 1986. كان ذلك بعد شهر وحد فقط من الموعد النهائي لتسليم عروض العطاء من الشركات المؤهلة عندما سمع فريق المشروع الأنباء المفزعة لأول مرة. ثم تغير كل شيء للأسوأ. وبدأ القطاع النووي العالمي بأكمله يدخل عصراً نووياً مظلماً تم فيه إيقاف وإلغاء الطلبيات الجارية المقدمة لإنشاء محطات للطاقة النووية. وبطريقة ما، لم تتسبب الأخبار السيئة في خلق جو كارثي في المجتمع النووي الكوري؛ فظلت عملية تقديم العطاءات جارية على حالها دون أن تتأثر بتلك الأخبار. ومع ذلك، أعلن العديد من الدول عن إيقاف عمليات تشغيل وبناء محطات الطاقة النووية. ومن المفارقات أن ذلك كان حقاً نعمة مستترة لكوريا؛ لأنه خلق سوقاً واسعة للمشترين لم تشهد الصناعة النووية مثيلاً لها من قبل. وكانت كل شركة

على قائمة الشركات المرشحة للعطاء حريصة كل الحرص على إرضاء المؤسسات النووية الكورية في بحثها عن معلومات داخلية تمكّنها من إعداد وثائق العروض التي ستقدمها للكوريين على نحو أفضل. إن الأحداث التي وقعت خلال هذين العامين الحاسمَين (1985–1987)، حتى توقيع العقد وبدء المشروع، كانت بالفعل تاريخاً في طور التشكل. وبعد 25 عاماً فقط في أبوظبي، كان الكونسورتيوم الكوري يجلس على الجانب الآخر من الطاولة للتوقيع على مشروع لإنشاء محطات الطاقة النووية بدولة الإمارات العربية المتحدة باعتباره الفائز بالعطاء، بعد مناقصة تنافسية بين كل من شركة أريفا الفرنسية Areva، وتحالف شركة هيتاشي اليابانية، وشركة جنرال إلكتريك الأمريكية.

تقييم العطاءات

بدأت العروض تصل إلى مكتب المشروع في نهاية مارس 1986 في الوقت المحدد؛ لأن أي منافس جاد في العطاءات لا يمكن أن يهدر الفرصة الذهبية المتوافرة في السوق الكورية. لقد انهالت العروض، وجاءت حرفياً بحمولة شاحنات من مئات الوثائق المغلفة تغليفاً خاصاً ومن عدة نسخ. ومن بين المتنافسين الستة على النظام النووي للتزويد بالبخار الذين أرسلت إليهم الدعوة، اعتذرت شركة كرافتويرك يونيون الألمانية وشركة ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة اليابانية عن تسليم العطاء لأسباب تخصهما (اعتقد البعض أن شركة ميتسوبيشي لديها مشاكل صعبة تتعلق بالترخيص، بحكم أن شركة وستنجهاوس هي المالك الأصلي للتكنولوجيا التي تستخدمها ميتسوبيشي ومنافستها في الوقت نفسه). أما الشركات الأربع المتبقية (شركة وستنجهاوس، وشركة كومبسشن إنجنيرينغ، وشركة فراماتوم، وشركة الطاقة الذرية الكندية) فقد خاضت معركة تنافسية شرسة، ليس للفوز بمشروع يونغوانغ 3 و4 فحسب، بل بالسوق الكورية المستقبلية لمحطات الطاقة النووية بأكملها. لقد كان الفوز بالعقد مسألة حياة أو موت. وكان مستقبل نقل تكنولوجيا محطات الطاقة النووية إلى كوريا سيتقرر بين هذه الشركات العالمية الأربع المتخصصة في بيع النظام النووي للتزويد بالبخار.

تم فحص معايير تقييم العروض الخاصة بالنظام النووي للتزويد بالبخار، وتحديدها بدقة في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ووُضعت داخل ظرف مختوم، وأودعت في خزانة آمنة بأحد المخازن، وذلك قبيل إرسال وثائق الدعوة للعطاء في نوفمبر 1985. وكان ذلك الإجراء يهدف إلى ضمان منافسة عادلة عندما تأتي العروض من الشركات المؤهلة. لقد كانت معايير تقييم العطاءات مفصلة بما يكفي لوضع أرقام نوعية للمقارنة بين مقدمي العروض الأربعة. لقد تم وضع رموز بالحروف الكورية لأسماء مقدمي العروض، للحد من أي تحيز من جانب مقيّمي العطاءات. واستغرق الأمر ثلاثة أشهر عكف فيها 20 مقيّماً من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على العمل المتواصل من أجل إنتاج الملخص النهائي للتقييم التقني في ثلاثة مجلدات (عملية التصميم المشترك، ومحتويات نقل التكنولوجيا، والوصف التقني الذي قدمه البائع للنظام النووي للتزويد بالبخار)، ومقارنة الشركات البائعة الأربع (شركة وستنجهاوس، وشركة كومبسشن إنجنيرينغ، وشركة فراماتوم، وشركة الطاقة الذرية الكندية).[1,2,3] وبحلول 10 يوليو 1986، كان التقرير النهائي للتقييم الذي أجراه معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري جاهزاً ليُسلَّم إلى شركة كيبكو. وكان يتضمن خياراً مفاجئاً للفائز بالعطاء بإجماع مقيّمي المعهد العشرين، حيث اختاروا شركة كومبسشن إنجنيرينغ بدلاً من وستنجهاوس وفراماتوم وشركة الطاقة الذرية الكندية، بناءً على حكم العلماء التقنيين العاملين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ولابد من أن الكثيرين من علماء المعهد كانوا يفكرون بالطريقة نفسها؛ لأن الحرص والرغبة في نقل أقصى المعرفة التكنولوجية إلى كوريا كان أمراً واضحاً في العرض الذي قدمته شركة كومبسشن إنجنيرينغ أكثر مما في عروض الشركات الثلاث الأخرى، لذلك حصلت على أعلى درجات التقييم. وكانت النتيجة معلومات سرية وحساسة للغاية لم يُسمح لأحد حتى بالتحدث عنها. وفور تسليم التقرير النهائي لشركة كيبكو في 10 يوليو 1986، أخذ فريق التقييم بأكمله عطلة صيفية خاصة للتعافي من الضغط المكثف الذي تراكم خلال عام، والابتعاد عن التوتر والجو المحاط بالسرية. ومع ذلك، لم يصدق أحد أن شركتهم المفضلة ستفوز بالعقد.

إعلان «مفاجئ»

استغرق الأمر شهرين مرهقيْن آخرين قبل أن تصدر شركة كيبكو الإعـلان النهـائي عن الفائزين بالعطاء، حيث كان عليها دمج التقييمات القادمة من جهـات أخـرى (تقيـيم الهندسة المعمارية من الشركة الكوريـة لهندسـة الطاقـة، وتقيـيم النظـام النـووي للتزويـد بالبخار/ والتوربينات والمولدات من الشركة الكورية للصناعات الثقيلة، وتقيـيم تـصنيع الوقود النووي من شركة الوقـود النـووي الكوريـة)، بالإضـافة إلى معلومـات العـرض السعري. وبالتناسب مع التكلفة الكلية للمشروع (نحـو أربعـة مليـارات دولار بأسـعار 1986)، الذي يعد أكبر مشروع بنـاء في التـاريخ الكـوري، كانـت الإدارة العليـا لـشركة كيبكو، التي تتميز بالذكاء السياسي، قد حصلت عـلى موافقـة مـسبقة مـن كبـار مـسؤولي الحكومة، أو هكذا كان الافتراض.

من خلال الصحف الصباحية اليومية الصادرة في يـوم 30 سـبتمبر 1986 في سـيول، اكتشف العالم لأول مرة النتيجة النهائية للعطاء العالمي الذي أقيم لمحطات يونغوانـغ 3 و4 للطاقة النووية، كما هي المعايير المعتادة لشركة كيبكو في مثل هذه المناسبات. وكان مقـدمو العروض المؤهلون للمناقشة والتفاوض على عقد التوريد كـالآتي: لتكنولوجيـا وتـصميم النظام النووي للتزويد بالبخار شركة كومبسشن إنجنيرينغ الأمريكية؛ وللهندسة المعمارية شركة سارجنت آند لندي الأمريكية S&L؛ ولتكنولوجيـا التوربينـات/ المولـدات شركـة جنرال إلكتريك الأمريكية. كما مُنح توريد النظـام النـووي للتزويـد بالبخـار والتـصميم الأولي الأساسي وتكنولوجيا تصنيع الوقود لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، لضرورة الـربط مع تصميم النظام النـووي للتزويـد بالبخـار. أمـا الـشركات الأخـرى (وسـتنجهاوس، وشركة الطاقة الذرية الكندية، وشركة فراماتوم)، التـي لـديها حـصة راسـخة في الـسوق الكورية، فقد فشلت جميعها في هذا العطاء المغـري. ولابـد مـن أن شركـة وسـتنجهاوس بالتحديد قد صعقت لفقدانها السوق الكورية المستقبلية بأكملها، وكان ذلك خبراً مذهلاً. فهذه الشركات قد زودت كوريـا سـلفاً بـست وحـدات مـن مفـاعلات المـاء المـضغوط

(وحدات كوري 1-4، ووحدات يونغوانغ 1-2) بعقود على مبدأ تسليم المفتاح، وكان هناك الكثير من التكهنات بأن شركة وستنجهاوس هي الفائز بالتأكيد، نظراً لما لديها من مزايا خاصة وعلاقات داخلية في كوريا. كذلك، كان اختيار شركة سارجنت آند لندي لمجال الهندسة المعمارية مفاجئاً للكثيرين، حيث كان من المتوقع أن تفوز به شركة بكتل بحكم أنها أكبر شركات الهندسة المعمارية في مشاريع محطات الطاقة النووية القائمة. ونظراً لعدم حصول شركة كومبسشن إنجنيرينغ على أي عقود لبناء محطات طاقة نووية في كوريا في السابق، أو أي تجربة في الترخيص بنقل تكنولوجيا تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار إلى الخارج، فقد تصدَّرت نتيجة العطاء العناوين الرئيسية في الساحة النووية العالمية في عام 1986. إن محتويات نقل التكنولوجيا التي قدمتها شركة كومبسشن إنجنيرينغ، وما أبدته من حماسة واضحة هو ما أثار إعجاب الكوريين بها وجعلهم يفضلونها على شركة وستنجهاوس. وإحدى الحلقات المثيرة في هذا الصدد جاءت ضمن خطاب أُلقي خلال مأدبة غداء نظمتها الجمعية النووية الأمريكية-المنتدى الصناعي الذري في العاصمة الأمريكية واشنطن، في نوفمبر 1986، بعد إعلان لي تشانغ-كون (الذي شغل لاحقاً منصب مفوض الطاقة الذرية الكورية، وهو كاتب معروف في كوريا) عن مشروع يونغوانغ. أعاد لي تشانغ-كون صياغة أحد المقاطع من مسرحية **يوليوس قيصر** لشكسبير، ليندب سقوط هيمنة وستنجهاوس في الساحة النووية الكورية:

من منكم هنا هو من الدناءة بحيث يقضي على التعاون المشترك ونقل التكنولوجيا؟

سيغنّي له الكوريون الفقراء الضعفاء بصوت جماعي

«تلك أيام مضت»*

ولن أصمت انتظاراً للرد.

---

* اللازمة المتكررة في نشيد الوداع Auld Lang Syne للشاعر الأسكتلندي روبرت بيرنز).

وقد نُقِل عن رئيس شركة كومبسشن إنجنيرينغ، شيلبي بريور، قوله إنه أحب شعر لي تشانغ-كون للغاية لدرجة أنه علقه في إطار على جدار مكتبه. ولاشك في أن توجيهات بريور لفريق شركة كومبسشن إنجنيرينغ مكّنته من تقديم عرض استثنائي لنقل التكنولوجيا لكي يفوزوا بالعقد الكوري، وساعد الكوريين على بلوغ هدفهم بتحقيق الاعتماد الذاتي التقني.[4]

حتى إن إحدى شركات التصنيع النووي التي خسرت الصفقة الكورية (يمكنك أن تخمِّن ما هي) احتجّت عبر وسائل الإعلام، مطالبةً بتوضيحات حول الكيفية التي أجرت بها شركة كيبكو تقييم العطاءات، ومدعية أن التصميم الفائز الذي تصنّعه شركة كومبسشن إنجنيرينغ (نظام 80 بقدرة 1300 ميغاواط من الكهرباء) كان لابد من تقليص قدرته الإنتاجية إلى 1000 ميغاواط من الكهرباء، لذا لم تثبت سلامته. وكانت شركة كومبسشن إنجنيرينغ، هذه الشركة الصغيرة غير المعروفة التي تصنّع وتبيع النظام النووي للتزويد بالبخار، على وشك وضع اسمها على الخريطة النووية العالمية. وفي أبوظبي، بعد 23 عاماً فقط، أعاد التاريخ نفسه بإعلان نووي مفاجئ مماثل صادر عن أكبر إمارة في دولة الإمارات العربية المتحدة. كان ذلك هو الإعلان عن فوز شركة كيبكو بصفقة تزويد دولة الإمارات العربية المتحدة بأربعة مفاعلات ماء مضغوط بقدرة 1400 ميغاواط من الكهرباء من كوريا، بعد منافسة مع شركة أريفا الفرنسية وتحالف شركتي هيتاشي اليابانية وجنرال إلكتريك الأمريكية. وكان اختيار شركة كيبكو، غير المعروفة عالمياً، في عام 2009 شبيهاً إلى حد كبير باختيار شركة كومبسشن إنجنيرينغ في عام 1986.

لقد شهدت الصناعات النووية العالمية الكثير من عمليات الدمج والتملُّك في العقود الثلاثة الماضية من أجل البقاء، وتجاوز فترة ركود الأعمال التي أعقبت حادثة تشرنوبل. فقد اندمجت شركة كومبسشن إنجنيرينغ لاحقاً مع شركة وستنجهاوس، خصمها اللدود، ثم مع شركة توشيبا اليابانية بعد ذلك.

التكنولوجيا قبل السياسة

بالعودة إلى القرار التاريخي القاضي باختيار شركة كومبسشن إنجنيرينغ لتكون الشركة المورّدة لتكنولوجيا محطات الطاقة النووية التجارية المستقبلية بأكملها في كوريا، فقد يجادل المؤرخون في شرعية هذا الأمر وصحته في السنوات المقبلة. لكن ما أصبح واضحاً بعد سكون العاصفة هو أن توصية معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بعد التقييم التقني للعطاءات، قد قبلتها شركة كيبكو والحكومة الكورية بكليّتها دون تغيير. وكانت مفاجأة بالفعل، حتى للكوريين المحليين (بمن فيهم شخصي) في ذلك الوقت، أن نتائج التقييم التقني التي قدمها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد حظيت بالاحترام والتقدير.

في الجو السياسي الذي كان سائداً في منتصف ثمانينيات القرن العشرين، كما هي الحال في معظم الدول النامية، كان طبيعياً أن يتوقع المرء وجود صفقة سياسية في مشروع وطني ضخم مثل عقد بناء محطات يونغوانغ 3 و4. وهذا تلقائياً يعني أن الفائز بالعطاء عادة يتم اختياره بناءً على اعتبارات سياسية عليا، وليس بناءً على نتائج التقييم التقني المحض، كتلك التي قدمها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، التي تُستخدم كغطاء لإضفاء مشروعية على عملية التقييم. إن الكيفية التي تم بها التوصل إلى الاختيار النهائي، الذي كان حقاً لا تشوبه أي شائبة سياسية في ذلك الوقت من عام 1986، مازال يلفها الكثير من الغموض بعد مضي ربع قرن عليها، وبعد أن حققت التكنولوجيا التي تم اختيارها نجاحاً كبيراً في محطات الطاقة النووية المحلية، وكذلك في الفوز بأول عقد لبناء محطات للطاقة النووية في الخارج في عام 2009. أما الحقيقة المفصّلة فربما لن يُكشَف عنها بالكامل أبداً، وذلك لعدم توافر أي دليل دامغ وموثق على مثل هذا السيناريو السياسي الشائع. ومع ذلك، فأنا على استعداد للإدلاء بحكم بسيط وصريح بأن مشروع يونغوانغ 3 و4 النووي كان مبرَّأً من أي قرار سياسي من خلف الكواليس، وذلك بناءً على الحقائق التالية:

1. تم إنجاز البناء ونقـل التكنولوجيـا في الموعـد المقـرر، وفي حـدود الميزانيـة الأصـلية المرصودة لمشروع يونغوانغ 3 و4، والتي بلغت 3.4 مليارات دولار. فمعظم المشاريع الوطنية الضخمة تشهد تجاوزات في التكاليف وتأخيراً في إنجاز البناء.

2. محطات الطاقة النووية اللاحقة ذات المعايير الموحدة التي تم بناؤهـا في كوريـا كانـت تكاليفها الرأسمالية أقل، وفترة بنائها أقصر، حيث استفادت من الخـبرات المتراكمـة. وهذا هو أساس القـدرة التنافـسية العالميـة التـي تتميـز بهـا محطـات الطاقـة النوويـة الكورية.

3. المقابلة الشخصية مع بارك جونغ-كي، رئيس شركـة كيبكـو في عـام 1986، أكـدت قناعته بتأييد توصية معهد بحوث الطاقة الذريـة الكـوري لاختيـار أفـضل مـوردي المفاعلات النووية، بهدف تحقيق الاعتماد الذاتي التقني دون أي اعتبارات سياسية.[5]

4. أجرى المدّعي العام الحكومي تحقيقاً واسعاً في قضية تنفيذ مشروع يونغوانـغ 3 و4 في عام 1989، وخلص التحقيق إلى أن تنفيذ المشروع كان قانونيـاً، بعـد اسـتدعاء نحـو 156 شاهداً من كبار موظفي الشركات الأعضاء في مجلس التعاون لمجموعـة الطاقـة الكهربائية على مدى ستة أشهر. وكان التحقيـق منـصباً عـلى إمكانيـة وجـود أمـوال سياسية مشبوهة في المشروع، كما ادعى بعض السياسيين في الأحزاب المعارضة.

كانت حالة نادرة في عصرنا الحديث أن يكون القرار النهائي بـشأن عقـد بمليـارات الدولارات تتنافس عليه شركات أجنبيـة ومحليـة مـستنداً إلى المزايـا التقنيـة/ الاقتـصادية وحدها وليس إلى أجندة سياسـية خفيـة، في دولـة ناميـة مثـل كوريـا في ثمانينيـات القـرن العشرين. وبحكم كوني مديراً للتعـاون التقنـي في الوكالـة الدوليـة للطاقـة الذريـة، فقـد اكتشفتُ الأسباب التي جعلت الكثير من الدول النامية التي بدأت برنامجاً طموحاً للطاقـة النووية تنتهي إلى الفشل. فمن أجل صياغة مشاريع تعـاون تقنـي ذات مغـزى في الـدول الأعضاء، يجب علينا إعداد إطار البرنامج القُطْري بهدف تحليل التاريخ النووي الأسـاسي

لجميع المشاريع والأسباب التي تقف وراءها. لقد فوجئت عندما علمت أن صفقات بناء المحطات النووية، بلا استثناء تقريباً، كانت تُعقد بين سياسيي الدولة المضيفة والشركة البائعة للتأثير في عملية اختيار مقدّم العطاء وتنفيذ المشروع. وكانت تجاوزات التكاليف وحالات التأخير في إكمال المشروع من الأمور الشائعة والمتفشية، دون تحقيق أي استقلال في مجال الطاقة للدولة المضيفة أو نقل التكنولوجيا النووية إليها. كانت قصصاً محزنة عموماً، وهي ببساطة تعكس الواقع السياسي في تلك الدول النامية. إلا أن كوريا في هذا الجانب كانت حالة مختلفة؛ فقد كانت التكنولوجيا مقدَّمة على السياسة في مشروع يونغوانغ 3 و4. ولكن، كيف كان ذلك ممكناً؟ بعد أعمال التحقيق التي أجريتها لتأليف هذا الكتاب، شعرت بأن الجمهورية الخامسة تحت قيادة الرئيس تشون ربما لم تكن تسعى لكسب رأس مال سياسي من وراء المشاريع الكبيرة، مثل مشروع يونغوانغ 3 و4. ومع ذلك، فإن الأمر المهم هو أن المشاريع النووية في كوريا كانت مبرَّأةً من شبهة المكاسب السياسية، على العكس مما في معظم الدول النامية الأخرى. وقد يكون هذا هو السبب الوحيد والأهم في قصة النجاح الكوري الذي أصبح حقيقة واقعة. ومرة أخرى، كان برنامج كوريا الجنوبية النووي يحظى بالدعم والمباركة من أعلى سلطة في البلاد، على طريقتها الفريدة في ذلك.[6]

لقد اتضح أن اختيار شركة كومبسشن إنجنيرينغ كشريك تكنولوجي في مجال النظام النووي للتزويد بالبخار في عام 1986 بمنزلة زواج سعيد للكوريين والأمريكيين على حد سواء. لقد كان نعمة حقيقية لكوريا؛ فشركة كومبسشن إنجنيرينغ تمتلك واحداً من أحسن التصاميم المتطورة للنظام النووي للتزويد بالبخار، الذي يُعرف بنظام 80، لكن الأهم هو أنها كانت على استعداد لنقل جميع تكنولوجيات المفاعلات النووية التجارية حالما كسب الطرف المتلقي المصداقية. وفي الواقع، كان الأمر يتوقف على قدرة الشركات الكورية على استيعاب التكنولوجيات الجديدة في مجال تصميم البرمجيات والمعدات الخاصة بنظام المفاعل وتصنيعها. كانت ثمة علاقة جيدة، علاقة بين مدرب ومتدرب، على وشك أن تبدأ.

المفاوضات حول العقد

حالما زالت موجة الإثارة والارتباك الأولية إزاء إعلان الفائزين بالعطاء في سبتمبر 1986، بدأت الخطوة الجادة التالية المتمثلة في صياغة وثائق العقد في سيول. وبحلول ذلك الوقت كانت كل مؤسسة كورية قد حُدِّد لها نظيرها الأمريكي في قائمة الفائزين بالعطاء بهدف إعداد عقود منفصلة. ولأول مرة في التاريخ النووي الكوري، ستوقِّع شركة كيبكو على عقود لبناء محطات طاقة نووية، بحيث يوقّع خمسة مقاولين كوريين رئيسيين كمقاولين فرعيين مع المقاولين الأمريكيين الفائزين بالعطاء (بين الأقواس أدناه):

- الوقود النووي: شركة الوقود النووي الكورية/ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (كومبسشن إنجنيرينغ).
- النظام النووي للتزويد بالبخار: الشركة الكورية للصناعات الثقيلة/ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (كومبسشن إنجنيرينغ).
- التوربينات/ المولدات: الشركة الكورية للصناعات الثقيلة (جنرال إلكتريك).
- الهندسة المعمارية: الشركة الكورية لهندسة الطاقة (سارجنت آند لندي).
- البناء والتشييد: شركة هيونداي للهندسة والإنشاء.

كان التفاوض حول العقود على وشك أن يبدأ، حيث تغير النظير الجديد في شركة كيبكو من «فريق المشروع الجديد» بقيادة ليم هان-كواي (خريج جامعة يونسي الكورية، قسم الفيزياء) إلى «قسم الإنشاءات النووية» بقيادة شيم تشانغ-ساينغ (خريج جامعة سيول الوطنية، قسم الهندسة الميكانيكية). وكان شيم من منفذي المشاريع النووية القدامى في شركة كيبكو، وطالب بإدراج العديد من المواصفات والبنود الجديدة في وثائق العقود. وكان جيم فيرس، مدير المشاريع بشركة كومبسشن إنجنيرينغ، يعتقد أن الأمر سيستغرق أسبوعاً أو نحو ذلك قبل التوقيع النهائي. وما إن بدأت المفاوضات تحت قيادة شيم، حتى

استغرق الأمر أكثر من ستة أشهر قبل التوقيع على وثائق العقد النهائية. لقد كان عملاً مضنياً أن يقف المعنيّون في ذلك الوقت على جميع الشروط والأحكام الغامضة في العقد ليوضحوها توضيحاً جلياً لا لبس فيه. ومع ذلك، وبفضل هذه العملية التفاوضية المحفِّزة للتفكير، لم يحدث إلا القليل جداً من التنازع خلال دورة حياة المشروع بأكملها.

كانت السمة المميزة لعقد مشروع يونغوانغ 3 و4 تتمثل في أنه تضمّن عقوداً لنقل التكنولوجيا بالتوازي مع عقود التوريد. وبصورة عامة، كان عقد النظام النووي للتزويد بالبخار يوضح الأطراف المتعاقدة (شركة كيبكو، والشركة الكورية للصناعات الثقيلة، وشركة الوقود النووي الكورية، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وشركة كومبسشن إنجنيرينغ)، واثنان منها مقاولان رئيسيان لتوريد النظام النووي للتزويد بالبخار (الشركة الكورية للصناعات الثقيلة) والوقود الأساسي الأوّلي (شركة الوقود النووي الكورية) إلى شركة كيبكو، في حين يتكفل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بتوريد تصميم النظام إلى الشركة الكورية للصناعات الثقيلة وتصميم الوقود الأساسي الأوّلي إلى شركة الوقود النووي الكورية. كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يمتلك تصميم البرمجيات بموجب عقد التصميم المشترك للنظام/ قلب المفاعل مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ، في حين أن الشركة الكورية للصناعات الثقيلة لديها عقد مباشر لتصميم وتصنيع المكونات الأساسية مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ، ولدى شركة الوقود النووي الكورية عقد منفصل لتصنيع الوقود مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ. علاوة على ذلك، تم التوقيع على عقدين موازيين بين معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري/ كومبسشن إنجنيرينغ والشركة الكورية للصناعات الثقيلة/ كومبسشن إنجنيرينغ لنقل التكنولوجيات الخاصة بتصميم النظام وتصميم المكونات وتصنيعها، على التوالي.[7]

تلا ذلك ستة أشهر من المفاوضات المكثفة حول العقود قبل التوقيع الرسمي عليها في 9 إبريل 1987. وبلغ عدد العقود 12 عقداً للتوريد، إضافة إلى ثلاثة عقود لنقل التكنولوجيا. وتم التوقيع عليها أولاً بين شركة كيبكو وخمسة مقاولين كوريين رئيسيين

(الشركة الكورية للصناعات الثقيلة، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، والشركة الكورية لهندسة الطاقة، وشركة الوقود النووي الكورية، وشركة هيونداي)، ثم بين المقاولين الكوريين الرئيسيين والمقاولين الفرعيين الأمريكيين (شركة كومبسشن إنجنيرينغ، وشركة سارجنت آند لندي، وشركة جنرال إلكتريك)، وجرى ذلك كله في جلسة واحدة في المكتب الرئيسي لشركة كيبكو في سيول. كانت جميع العقود مكتوبة باللغة الإنجليزية، إضافة إلى نسخ منفصلة باللغة الكورية. وقد أُدرجت فقرة خاصة ضمن الشروط والأحكام العامة تنص على اعتماد النسخة المكتوبة باللغة الكورية، وليس اللغة الإنجليزية، في حال اختلف الأطراف في تفسير بنود العقد. وهذه هي المرة الأولى التي أصبح فيها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مسؤولاً مسؤولية تعاقدية ملزمة في مشروع لبناء محطات نووية تجارية. ومن بين النقاط البارزة في عقود النظام النووي للتزويد بالبخار ما يلي:

- ضمان التسليم: العقوبة بدفع غرامة على التأخير في التسليم، من مسؤولية شركة كومبسشن إنجنيرينغ.

- ضمان الأداء: تتحمل شركة كومبسشن إنجنيرينغ دفع غرامة لضمان استمرارية إنتاج الكهرباء. وابتداءً من مشروع المحطة النووية المقبلة، يتحمل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري شرط هذا الضمان.

- التصميم المشترك للنظام: ينتقل مصممو معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أولاً إلى مكتب كومبسشن إنجنيرينغ في مدينة وينزر بولاية كونِّيتيكت، ليعود عمل التصميم المشترك للنظام إلى دايدوك لاحقاً. وتتحمل شركة كومبسشن إنجنيرينغ مسؤوليات إنتاج التصميم.

- منح الترخيص: يحصل الطرف الكوري على حقوق الاستخدام المجاني لمحطات الطاقة النووية الكورية في المستقبل، وكذلك حرية إقامة مشاريع التصدير إلى الخارج (بعد 10 سنوات من نقل التكنولوجيا).

تداعيات حادثة تشرنوبل

في الساعات الأولى من صباح يوم 26 إبريل 1986، في غرفة التحكم بمحطة تشرنوبل للطاقة النووية، الوحدة 4، التي تقع بالقرب من مدينة بريبيات على الحدود الشمالية في أوكرانيا، أجرى العلماء السوفييت تجربة غير عادية عُرِفت فيما بعد بحادثة تشرنوبل؛ التي تعد أسوأ حادثة نووية في التاريخ. فبالإضافة إلى الخسائر المباشرة، حملت الرياح المتجهة غرباً سحباً مشعّة أحدث أضراراً كبيرة في بيلاروسيا وألمانيا والدول الإسكندنافية. وكان رد الفعل الدولي مروعاً، حيث تحول التصور العام عن كل ما هو نووي من سيئ إلى أسوأ. وبدأت الدول الصناعية الكبرى تعيد النظر في برامج الطاقة التي لديها، دون استثناء، إما بإجراء تقييم فوري لسلامة محطاتها النووية العاملة أو بإيقاف وإلغاء أي مشاريع بناء جارية. وخلال السنوات العشرين التالية، أو يزيد، شهدت معظم الدول النووية في أمريكا وأوربا تقليصاً في برامجها النووية حتى وقت قريب. ودخلت الصناعات النووية العالمية في حالة ركود طويل، بينما ابتعدت القوة البشرية الشابة المقتدرة عن القطاعات النووية. ولعل كوريا الجنوبية كانت استثناءً فريداً؛ إذ إنها كانت في منتصف حملتها لتوطين تكنولوجيا محطات الطاقة النووية، حيث أُعلنت نتائج العطاء واختيار الشركاء التكنولوجيين في عام 1986. ومن حسن حظ كوريا أن الرياح المتجهة غرباً من تشرنوبل لم تُحدث أي تداعيات إشعاعية في شبه الجزيرة الكورية. فلم يكن هناك أي خوف أو غضب شعبي ضد الطاقة النووية في ذلك الوقت. وأجرت الحكومة تقييماً هادئاً للوضع، وقررت المضي قدماً في مشروع يونغوانغ 3 و4 كما هو مخطط له، إدراكاً منها بأن أي تأخير في بناء المجموعة المقبلة من محطات الطاقة النووية من شأنه أن يهدد برنامج التنمية الاقتصادية تهديداً خطيراً. وباسترجاع الأحداث، يمكن القول إن ذلك كان نعمة حقيقية.

لقد استفاد الجانب الكوري كثيراً من الصياغة الدقيقة للعقد في وقت المفاوضات حوله. وكان ذلك بعد بضعة أشهر فقط من حادثة تشرنوبل في إبريل 1986. إن البنود غير

العادية التي تضمنها العقد، مثل «شرط التصدير الحر لدولة ثالثة (بعد 10 سنوات من نقل التكنولوجيا)»، و«البنود التي تحمّل المقاولين الفرعيين مسؤولية الضمان»، كانت تعكس وضع السوق الذي يتحكم فيه المشترون خلال فترة المفاوضات. وعندما تم التوقيع على المجموعة الكاملة من وثائق عقد يونغوانغ 3 و4 (باللغتين الإنجليزية والكورية) في الموعد المحدد، ودخل العقد حيز التنفيذ، كان يتضمن العديد من البنود التي لم يكن ليفكر فيها أحد من قبل، لكنها الآن في صالح الجانب الكوري، مثل بنود الضمان وبند التصدير الحر، وبند تسوية الخلافات، والعديد من البنود الأخرى. اعتقد كلا الجانبين الأمريكي والكوري أن احتمال تصدير كوريا لمحطات طاقة نووية إلى دولة ثالثة احتمال ضعيف للغاية، لكن تحت إصرار الجانب الكوري وافقت شركة كومبسشن إنجنيرينغ على هذا البند. وعندما ذاعت أخبار توقيع عقد التصدير مع دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2009، جاء الوقت لجني الفائدة من شرط التصدير الحر. ومن المفارقات أن تكنولوجيا الطاقة النووية الكورية مَدينة بالكثير لحادثة تشرنوبل؛ فهي تعد مثالاً كلاسيكياً لتحويل الأزمة إلى فرصة.

لقد بدأ تنفيذ المشروع في الوقت المحدد فور موافقة الحكومة على ترتيبات التمويل، بعد التوقيع على العقد. واعتباراً من مايو 1987، كانت كل المؤشرات تبيِّن أن التنفيذ قد بدأ بداية جيدة. لكن سرعان ما اتضح أن الحال ليست كذلك.

الفصل السادس

هزات ارتدادية

فاقت أهمية اختيار مقدمي العطاءات لمشروع يونغوانغ في عام 1986 وتأثيره جميع التوقعات. لقد قُدّرت التكلفة الإجمالية للمشروع بنحو 3.4 مليارات وُون كوري (نحو 4.4 مليارات دولار أمريكي)؛ أي أنه أكبر مشروع في تاريخ كوريا. والأهم من ذلك هو أن الذين خسروا العطاء سيُستبعدون تماماً من جميع أعمال البناء في محطات الطاقة النووية المستقبلية؛ لأن من المتوقع أن تصبح محطة يونغوانغ 3 و 4 المحطة الرائدة لمحطات الطاقة النووية المستقبلية المصمَّمة وفقاً للمعايير الموحدة في كوريا.

في عام 1988 جرت مراسم تنصيب الرئيس الجديد لجمهورية كوريا، روه تاي-وو، خلفاً للرئيس تشون دو-هوان، بعد انتخابات وطنية. وكانت أكثر الأجندات إلحاحاً للرئيس الجديد تتمثل في تنظيم الألعاب الأولمبية في سيول (أولمبياد سيول) في سبتمبر 1988. وقد تبيّن أنه حدث تاريخي بالغ الأهمية لكوريا أن تضع اسمها على الخريطة العالمية. غير أن الأمر الذي لم يكن أحد على استعداد لتقبّله هو عملية التحول الديمقراطي السريع التي أعقبت الحفل الختامي للأولمبياد مباشرة. عموماً، كانت عملية التحول الديمقراطي توجّهاً طال انتظاره في ذلك الوقت، بعد نحو ربع قرن من الحكم العسكري في كوريا (18 سنة لنظام بارك تشونج-هي، بالإضافة إلى 7 سنوات لنظام تشون دو-هوان). لقد تحققت إنجازات وتطورات اقتصادية سريعة، بأولوية وطنية قصوى على حساب بعض الحقوق الديمقراطية، مثل حقوق الإنسان، كما نعلم اليوم. كان مشروع يونغوانغ 3 و 4 النووي في عامه الأول من التنفيذ، فوقع ضحية لهذا التوجه الديمقراطي الذي برز في عام 1988. وخضعت المشاريع الكبرى التي قررتها الإدارة الماضية لتدقيق صارم لم يره أحد من قبل. وكان المشروع الأكبر في التاريخ الكوري هدفاً طبيعياً للتدقيق

والتحقيق في أي أفعال خاطئة؛ فأحدث هذا العديد من الهزات الارتدادية التي لم نتوقعها نحن في القطاع النووي الكوري، ومن ثم لم نكن مستعدين لها إطلاقاً. إحدى هذه الهزات الارتدادية كان الاحتجاج المدني الذي قامت به إحدى الشركات الخاسرة في المنافسة على العطاء، شركة وستنجهاوس بالتحديد، طوال عامين تقريباً بعد منح العطاء لشركة كومبسشن إنجنيرينغ. وتمثلت الهزة الارتدادية الأخرى في التحقيق الذي أجراه المدّعي العام في الشرعية الأخلاقية لمشروع يونغوانغ 3 و4، في العامين التاليين لأولمبياد سيول مباشرة، على خلفية الاتهامات التي وجهتها شركة وستنجهاوس. وكانت وسائل الإعلام وجلسات التحقيق البرلمانية في كلا جانبيْ المحيط الهادي تعج بمئات المقالات عن الاتهامات والردود وجلسات الاستماع العامة، بما في ذلك نتائج التحقيق الذي يجريه المدّعي العام.

بالنظر إلى الوراء الآن بعد مضي 25 عاماً تقريباً، فإن تلك الحالات كانت انعكاساً للتغيرات في كوريا خلال ثمانينيات القرن العشرين، فيما يتعلق بمنح عطاء هذه المشاريع العامة الكبيرة، وأساليب التخويف التي استخدمتها الشركة الأجنبية العملاقة المشهورة. إن الطريقة التي تعاملت بها المؤسسات النووية الكورية (شركة كيبكو، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في المقام الأول) مع المسائل المتعلقة بمشروع يونغوانغ 3 و4 كانت حقاً بداية لنهج جديد يضع التكنولوجيا في مقدمة الأولويات. والآن يمكن القول بوضوح إن اختيار الفائزين كان مبنياً على معايير تتعلق بالأكثر تأهيلاً لتلبية أهداف المشروع الكوري، والوفاء بتسليم البناء في موعده المحدد، فضلاً عن نقل التكنولوجيا الأكثر ملاءمة لتحقيق أهداف الاعتماد الذاتي. ولابد من أن الشركات التي خسرت العطاء قد استخفّت بالعزيمة الوطنية الكورية وبمستوى شروط نقل التكنولوجيا. ورغم كل المنغصات الخارجية، تجدر الإشارة إلى أن مشاريع البناء ونقل التكنولوجيا قد بدأت في وقتها المحدد، وسارت على نحو مُرضٍ، ولم تتأثر كثيراً بما حدث. ومن واقع تجاربي الشخصية، فإن أي مشروع عملاق ينجح في تجاوز العامين الأوَّلين سيُكلَّل بالنجاح، على الأرجح، في نهاية المطاف؛ والعكس صحيح أيضاً، أي أن المشاريع التي تعترضها مشاكل

في وقت مبكر لن تسلم أبداً من التأخير عن الموعد ومن تجاوز حدود التكاليف. لذا، بكثير من الارتياح والابتسام أنظر إلى الوراء، حيث السنوات الأولى من الألم والعمل الجاد والسيطرة على الأضرار من قِبَل فريق إدارة المشروع في كلا جانبي المحيط الهادي. لقد نجح المشروع نجاحاً كبيراً. وتحقق مشروع البناء، وهدف الاعتماد الذاتي التقني في الموعد المقرر، وفي حدود الميزانية المرصودة، بل الأهم من ذلك أن عملية التحقيق الخارجي ساعدت في تقوية النسيج الداخلي للمشروع، وزيادة العزيمة والإصرار إلى النهاية.

الخاسر الغاضب

بعد إعلان شركة كيبكو عن الفائزين في 30 سبتمبر 1986 مباشرة، كانت المفاجأة الأولى في مشروع يونغوانغ 3 و4 سلسلة من الحملات الإعلامية العامة التي شنتها شركة وستنجهاوس، الخاسر الرئيسي في العطاء، واستمرت لمدة عامين كاملين. وغني عن القول إن شركة وستنجهاوس تعد واحدة من الشركات الكهربائية الأمريكية الأكثر احتراماً، وكانت مهيمنة على الأعمال النووية في كوريا لفترة طويلة، وكان الكثيرون يتوقعون فوزها بالعطاء، لكن يبدو أنها جعلت العمل على تغيير قرار الفوز بالعطاء جزءاً من سياستها. فقد كان تركيزها الأساسي في حملتها منصباً على «التصميم المُثْبَت أو المجرَّب» لنظام مفاعل يونغوانغ 3 و4، وتحديداً نظام 80 الهجين المختصر (سواء بحجم 1300 ميغاواط من الكهرباء، أو 3,817 ميغاواط من الطاقة الحرارية)، وتصميم قلب المفاعل الشبيه بمفاعل محطة ANO-2 النووية بولاية أركنساس الأمريكية (سواء بحجم 1000 ميغاواط من الكهرباء، أو 2,825 ميغاواط من الطاقة الحرارية). فقد ادّعت شركة وستنجهاوس أن تصميم نظام المفاعل ليس مُثْبَتاً، ومن ثم فهو غير آمن، لذلك كان ينبغي استبعاد شركة كومبسشن إنجنيرينغ من البداية. وحرفياً، يجب أن يكون «التصميم المُثْبَت» مطابقاً لغيره من محطات الطاقة النووية الموجودة في أماكن أخرى، من حيث الحجم والتشكيلات، أو أن يكون «نسخة مطابقة» على الأقل في مجال تصميم نظام المفاعل. ورغم أن النسخة المطابقة قد تكون لها قيمة، فإنها لم تكن قط الهدف الذي تطمح إليه شركة كيبكو أو الدعوة

إلى العطاء؛ وذلك لأن النسخة المطابقة تعوق التقدم التكنولوجي والمشاركة الكورية تبعاً لذلك. واتُّخِذت بالفعل قرارات حاسمة، حتى قبل تقييم العطاءات، بأن المشروع سيستخدم أحدث التكنولوجيات بين فئات «التصميم المُثْبت»، لأنه سيكون التصميم المعياري الموحّد لمحطات الطاقة النووية المستقبلية في كوريا. لقد كان اختياراً دقيقاً بين التكنولوجيا «الحديثة» والتكنولوجيا «القديمة»، وبين تصميم النظام «المُثْبَت» وتصميم النظام «غير المُثْبَت»، لأن تصميم كل محطة نووية يختلف عن الآخر، ولم يكن هناك سوى القليل من المحطات النووية الجديدة، في أي مكان، في ثمانينيات القرن العشرين.

بعد أسابيع قليلة من إعلان نتيجة العطاء في عام 1986، سلّمت شركة وستنجهاوس ملف احتجاج مكوناً من أكثر من مئة صفحة إلى شركة كيبكو حول مسألة «التصميم المُثْبَت». واستعرضت شركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري التحفظات المثارة حول اختيار مورِّد النظام النووي للتزويد بالبخار، وخلُصت إلى أنه ليست هناك قضايا جديدة أثيرت لم يكن فريق كيبكو/ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد درسها في تقييمه الأصلي. وكدليل إضافي على «التصميم المُثْبَت»، سلّمت شركة كومبسشن إنجنيرينغ أيضاً خطاباً لمفوضية الرقابة النووية الأمريكية بتاريخ 20 نوفمبر 1986، موجَّهاً من هارود دنتون، مدير مكتب تنظيم المفاعلات النووية. يقول دنتون في الرسالة: «نتيجة لمراجعتنا، يرى الموظفون أن هناك درجة معقولة من التأكيد بأن التصميم المقترح (تصميم نظام 80 بحجم 2,825 ميغاواط من الطاقة الحرارية)، إذا نُفِّذ بالطريقة الصحيحة، يمكن أن يلبي نفس المعايير التنظيمية المطبقة في تقرير تحليل معايير السلامة الصادر عن شركة كومبسشن إنجنيرينغ بشأن الموافقة النهائية على التصميم». بتعبير آخر، ستُعطي مفوضية الرقابة النووية الأمريكية تأكيداً معقولاً بأن النسخة الهجين المختصرة من تصميم نظام 80، كما يجري بناؤها في كوريا، ستكون قابلة للترخيص مثلها مثل محطات نظام 80 الكاملة الحجم. كان التحذير الوحيد هو «إذا نفِّذ بالطريقة الصحيحة»، يعني أن يكون مبنياً بضمان جودة كاملة وفقاً لمواصفات التصميم. وفي حين أن هذا كان مقنعاً بما فيه الكفاية لفريق المشروع الكوري، فمن الواضح أنه لم يكن كذلك لشركة وستنجهاوس.

ففي 3 فبراير 1987 بعث رئيس شركة وستنجهاوس، روبرت كيربي، رسالة احتجاج موجهة مباشرة إلى رئيس جمهورية كوريا، تشون دو-هوان، في البيت الأزرق (مقر الرئاسة الرسمي في سيول). ومما كتبه كيربي في تلك الرسالة:

> «... إن المخاطر التي أشير إليها لا تقتصر فقط على المخاطر المحيطة بالتشغيل الآمن، بل تشمل أيضاً تكلفة المخاطر المرتبطة بإعادة التصميم والتعديلات وتمديد الموعد المحدد. وإذا ظهرت أي مشاكل في تنفيذ أي تصميم غير مُثْبَت، فسيكون من الصعب جداً حينئذٍ توضيح الأسباب التي دعت إلى اختيار ذلك التصميم ... ».

كان كيربي يقول بجلافة مخاطباً رئيس دولة ذات سيادة: «أنتم أيها الكوريون لم تفهموا ما كنتم تقومون به، لذلك من الأفضل أن تنصتوا إلي الآن ...». وعندما سمعت لأول مرة عن هذه الرسالة في ذلك الوقت، اعتقدتُ أنها أفضل تجسيد لعجرفة وستنجهاوس التي زادت الطين بلّة. وبعد ثلاثة أسابيع، بعث وزير الطاقة والموارد، تشوي تشانغ-ناك، برسالة رد إلى كيربي، تقول:

> «نظراً لجميع تداعيات هذا الأمر على المسيرة المستقبلية لقطاع الطاقة الكوري، فقد كنا أكثر حذراً، من خلال كيبكو، في اختيار النظام المناسب؛ المناسب ليس فقط من حيث المزايا الاقتصادية، بل من حيث التكنولوجيا والأمان، وتلك هي الجوانب التي عبَّرتَ عن قلقك تجاهها. ولديّ كل الأسباب التي تجعلني أثق بأن شركة كيبكو قد نجحت في اتِّباع هذا المبدأ التوجيهي، حتى في اختيار الفائز بالعطاء الخاص بالنظام النووي للتزويد بالبخار».

إذا تأملنا هذه القصة بعد مضي ربع قرن، لا يسع المرء إلا أن يشعر بأن الحظ حالفنا في اختيار شركة كومبسشن إنجنيرينغ بدلاً من وستنجهاوس. وكان من دواعي السرور أن نرى صوت الثقة القوي من قمة الحكومة الكورية لصالح قرار شركة كيبكو، النابع من توصية معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. إنني أتساءل: كيف سيكون مستوى الاعتماد الذاتي التقني لدينا اليوم إذا كنا قد اخترنا شركة وستنجهاوس؟ فنظراً للعقلية المتغطرسة المترسخة في الثقافة المؤسَّسة لشركة وستنجهاوس، كان الأمر سيتطلب جهداً مضنياً، إن لم

يكن مستحيلاً، لكي يصل الكوريون إلى لُب التكنولوجيات الحديثة. وعلّمتنا تلك التجربة أيضاً درساً لا يُنسى؛ وهو أهمية التكنولوجيا الخاصة بتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار، التي كانت في صلب الخلافات والجدل الذي حدث. لقد تبيّن أن تولي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مسؤولية تكنولوجيا تصميم النظام مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ كان نعمة حقيقية، علماً بأن المعهد من المؤسسات النووية الكورية الأقل نشاطاً تجارياً، لكنه أكثرها تقنية. أخيراً، حاولت شركة وستنجهاوس تسييس القضية، الأمر الذي سبّب المزيد من الأعباء في العامين التاليين من جانب مكتب المدعي العام، لأن الحزب المعارض كان متحمساً لإحداث فضيحة كبرى لم يُكتب لها النجاح.

إن شعار «التكنولوجيا قبل السياسة» هو الموضوع الرئيسي الطاغي في هذا الكتاب، وذلك لكي نروي للعالم كيف نجح الكوريون في اجتياز العقبات الصعبة: في اختيار مفاعلات الماء المضغوط، وفي تكليف معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بتصميم النظام، وفي اختيار شركة كومبسشن إنجنيرينغ. لقد هدأ تدخل وستنجهاوس أخيراً بنهاية عام 1988، ولكن ثمة عقبة أخرى غير متوقعة كانت تنتظر المشروع، ومن داخل الساحة السياسية المحلية هذه المرة.

تحقيق المدعي العام

بدأت الجمعية الوطنية الكورية التحقيقات بشأن قضايا الحقوق المدنية الرئيسية، والمشاريع الوطنية في أكتوبر 1988 للمرة الأولى. وهذا النوع من التحقيق منصوص عليه في دستور البلاد، لكنه لم يُمارس قط طوال السنوات العشرين الماضية، حرصاً على دعم التنمية الاقتصادية. لقد اختارت اللجنة الاقتصادية العلمية بالجمعية الوطنية مشروع يونغوانغ 3 و4 لإجراء تحقيق معمق في ملابساته. وكان أعضاء الحزب المعارض في الجمعية الوطنية، بمن فيهم هوانغ بيونغ-تاي وتشو هي-تشول، يطلقون المزاعم حول اختيار الفائزين بعطاء مشروع يونغوانغ 3 و4. ويقول أحد مزاعمهم الرئيسية إن تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار الذي قدّمته شركة كومبسشن إنجنيرينغ للمفاعلات

النووية بقدرة 1000 ميغاواط من الكهرباء لم يحدث أن تم بناؤه من قبل في أي مكان آخر، ما يعني افتقاره إلى مقوّمات السلامة المُثْبَتة. ويبدو أنهم أخذوا حجة «التصميم المُثْبَت» نفسها من مزاعم وستنجهاوس. لقد صاغوا مصطلحاً إعلامياً جديداً، هو «المفاعل المختَصَر المرقَّع» للتشكيك في تصميم يونغوانغ 3 و4 وتشويه صورته. وكانوا يدعون، ضمنياً، إمكانية تورط الإدارة السابقة في قضية رشوة لصالح الفوز بالعقد. وفي إحدى المرات كانوا يطالبون معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بالحصول على شهادة ترخيص من مفوضية الرقابة النووية الأمريكية تثبت السلامة النووية لمشروع يونغوانغ 3 و4، الذي مازال في مرحلة التصميم في وينزر بولاية كونيتيكت. ولم تفلح كل الجهود التي بذلها مديرو المشروع بمعهد البحوث النووية الكوري وشركة كيبكو للتوضيح وإقناع المشرِّعين بهوامش السلامة المتأصِّلة في عملية الرقابة النووية الكورية. وبدا أنهم مصممون على تفجير فضيحة فساد كبرى ستصبح بالتأكيد قضية سياسية ساخنة ومصدر إحراج للإدارة السابقة. لقد قررت الجمعية الوطنية رفع هذه القضية إلى مكتب المدعي العام بوزارة العدل لإجراء تحقيق خاص في نوفمبر 1988.

أمضى مكتب المدعي العام، بقيادة رئيس هيئة الادعاء تشونغ سانغ-ميونغ، ما يقرب من ستة أشهر في استدعاء الشهود للتحقق من هذه المزاعم. واستُدعي إلى مكتب المدعي العام في سيول أكثر من 150 موظفاً من موظفي الشركات الأعضاء في مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية الذين لديهم علاقة بالمشروع (بينهم رؤساء تنفيذيون وموظفون صغار)، كلٌّ على حدة. وعلى وجه الخصوص، كان موظفو مكتب إدارة المشروع في شركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على رأس المستهدفين، لأن اختيار الفائزين بالعطاء تم بناءً على توصية من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. إن المشروع الذي بدأ ليكون مفخرة ومصدراً للابتهاج الوطني على وشك أن يصبح عاراً وطنياً. وفي الأشهر الستة، أصدر المدعي الخاص تشونغ حكماً نهائياً بشأن الادعاء: «جميع موظفي المشروع الذين خضعوا للتحقيق لم يُظهِروا ما يشير إلى تناقض في أقوالهم»، وبذلك يقرّر بأن مشروع يونغوانغ 3 و4 مبرَّأ من أي مخالفات. كان ذلك الحكم مبعثاً للارتياح،

بحيث نستطيع الآن العودة إلى عملنا العادي في مجال التصميم وتصنيع المعدّات. لقد أُنقذ شرف المشروع أخيراً في منتصف عام 1989.

قد تكون المزاعم المالية والقانونية قد أبطلها الحكم النهائي الصادر عن المدعي النهائي. غير أن الشكوك حول الاعتماد الذاتي التقني في مجال تكنولوجيا محطات الطاقة النووية مازالت تساور العديد من المشرِّعين لأنهم لا يعلمون شيئاً يُذكر عما يعنيه نقل تكنولوجيا المحطات النووية. لقد بلغت تكلفة المشروع 3.4 مليارات وُون كوري؛ أي أعلى بنحو 20 في المئة من تكلفة المشروع السابق، وحدات يونغوانغ1 و2. وكان هذا كافياً لإثارة الشكوك بين بعض السياسيين حول حدوث حالات رشوة واختلاس لاختيار «تصميم غير مُثْبَت» من شركة كومبسشن إنجنيرينغ. لقد أرسل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الدفعة الأولى من أعضاء فريق التصميم المشترك (48 مهندساً) إلى المكتب الرئيسي لشركة كومبسشن إنجنيرينغ في مدينة وينزر في ديسمبر 1986، حتى قبل التوقيع على العقود. وسرعان ما استقر 120 من موظفي المشروع الكوريين في وينزر لتنفيذ المرحلة الأولى من التصميم المشترك في شركة كومبسشن إنجنيرينغ جنباً إلى جنب مع فريق تصميم النظام التابع للشركة. وكانت مهمتهم تتمثل في استكمال مواصفات التصميم الرئيسية بحلول ديسمبر عام 1989؛ موعد نقل مركز التصميم إلى موقع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في دايدوك، وذلك وفقاً لخطة الانتقال المتفق عليها مسبقاً. وعندما كان تحقيق المدعي العام جارياً في كوريا، كانت عملية التصميم المشترك تحقق تقدماً ملحوظاً بفضل روح العمل الجماعي التي تطورت بين أعضاء المشروع الأمريكيين والكوريين في وينزر.

قام العديد من أعضاء الحزب المعارض في الجمعية الوطنية بزيارة موقع وينزر ليشاهدوا عمل تصميم المحطات النووية على أرض الواقع، لأغراض التحقيق. كان يترأس الفريقَ الزائر عضوا الجمعية الوطنية ليو جون-سانغ وتشو هي-تشول، وزار الفريق مكتب التصميم في وينزر في سبتمبر 1989. وانضم كانغ باك كوانغ، الملحق العلمي بالسفارة الكورية في واشنطن، إلى الزوار من مطار جون كينيدي في نيويورك.

وأجروا مناقشات مفتوحة غير رسمية مع إدارة كومبسشن إنجنيرينغ، وطرحوا المزيد من الأسئلة على فريق التصميم التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وكان مدير الموقع في مكتب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر، كيم جين-سو رائعاً في شرحه للزائرين سير التقدم في نقل التكنولوجيا والسلامة المؤكدة في تصميم نظام يونغوانغ 3 و4. ولابد من أن تكون الزيارة قد لعبت دوراً ما في تغيير الأفكار السلبية حول المشاريع النووية عموماً، وتبديد الشكوك المزعومة التي كانت تخالج أعضاء الحزب المعارض، مثل ليو، حول مشروع يونغوانغ 3 و4، على وجه الخصوص. يتذكر كانغ الزيارة التي قام بها زعيم المعارضة المتشدد إلى وينزر: «كاد السيد ليو أن يذرف الدمع عندما رأى بعينيه مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يعملون، حيث قال: "هؤلاء هم الوطنيون الحقيقيون" الذين يحققون الاعتماد الذاتي في مجال التكنولوجيا النووية». إن مشهد المئات من المهندسين الكوريين الجادين المحترمين وهم يعملون جنباً إلى جنب مع نظرائهم من شركة كومبسشن إنجنيرينغ في إتقان التكنولوجيا الأساسية لابد من أن يكون قد غيّر عقلية السياسي العجوز.

بعد شهرين من عودة الفريق الزائر إلى كوريا، قام زعيم الحزب المعارض كيم داي-جونغ (الذي أصبح لاحقاً رئيساً لكوريا في عام 1998) بزيارة إلى مسقط رأسه، موكبو، في 28 نوفمبر 1989، حيث يتمتع بتأييد ساحق. وعندما سأله السكان المحليون عن صلاحية مشروع يونغوانغ 3 و4 النووي، أصدر بياناً عاماً يقول: «إن البلدان الفقيرة في موارد الطاقة مثل كوريا لا خيار لها سوى الاعتماد على الطاقة النووية، لكنها تحتاج إلى التشاور الكامل مع المجتمعات المجاورة». كان هذا أول تصريح إيجابي من زعيم الحزب المعارض حول الطاقة النووية؛ يُعرف بـ«بيان موكبو». ولعل تقارير رحلة وينزر التي رفعها أحد المقربين من كيم داي-جونغ لعبت دوراً إيجابياً في تغيير سياسة الحزب المعارضة تجاه الطاقة النووية. وأصبح واضحاً طوال نصف القرن الماضي أن الطاقة النووية حظيت بامتيازات خاصة من جانب الحكومات الكورية، المحافظة منها والليبرالية، لكي تصبح كوريا خامس دولة منتجة للطاقة النووية في العالم.

الفصل السابع

دروس مستفادة بجهود مضنية

إن الأحداث غير المتوقعة التي أعقبت إعلان الفائز بعقد مشروع يونغوانـغ 3 و4 في عام 1986، ساعدت على تنبيـه المؤسـسات الكوريـة إلى الجوانـب الاجتماعيـة-الـسياسية للمشاريع النووية العملاقة، على المدى القصير، من خلال احتجاج شركـة وسـتنجهاوس وتحقيق المدعي العام. لقد تعامل فريق المشروع مع الوضـع، ونجـح في تجـاوزه عـلى نحـو كافٍ، بحيث سارت أعمال البناء وبرامج الاعـتماد الـذاتي التقنـي دون انتكاسـات. ومـع ذلك، كانت تلوح في الأفق أحداث لها تداعيات أكبر بكثير، وبعيـدة المـدى، عـلى الـوطن والمشروع النووي على وجه الخصوص، وذلك ابتداءً من نهاية ثمانينيـات القـرن العـشرين بعد أولمبياد سيول عام 1988. لقد تعرض البرنامج النووي الكوري لأحـداث لم يتوقعهـا أحد على الإطلاق، وذلك ربما لأن التنمية الاقتصادية المتسارعة حدثت في وقت ضاغط في بلد مكتظ بالسكان، وتكاد تنعدم فيه الموارد الطبيعية، وربما لأن لدينا جارة معادية دائماً في الشمال. هناك حدثان نوويان تاريخيان لابد مـن فهمهـما عـلى نحـو أفـضل، لأن عـواقبهما مازالت حية ومستمرة وأنا أكتب هذا الكتاب. أحدهما هو برنامج التخلص من النفايـات الإشعاعية في ظل الحركات المناهضة للصناعات النووية، والتي أصبحت أهم قضية وطنية على مدى العقدين الماضيين؛ والحدث الآخر هو مـشروع كيـدو لمفـاعلات المـاء الخفيـف وكوريا الشمالية المسلحة نووياً. علينا ألا ننسى أن النمو الاقتصادي خـلال نـصف القـرن الماضي جاء موازيـاً لعمليـة التحـول الـديمقراطي في كوريـا الجنوبيـة في جميـع الطبقـات الاجتماعية، وربما الإفراط في الديمقراطية في بعض الأحيان. وكان على المشاريع النووية في كوريا أن تسير في خضم التحول الديمقراطي في الجنوب، وعملية منع الانتشار النووي في الشمال، وكأن ذلك مصير محتوم.

الاعتراض على موقع غيونغجو

ظل القطاع النووي الكوري يحظى بتأييد شعبي نسبي حتى قيام أولمبياد سيول في عام 1988. فبحلول منتصف ثمانينيات القرن العشرين، كان يوجد في كوريا تسع وحدات من محطات الطاقة النووية العاملة، أو التي تحت التشييد، في أربعة مواقع مختلفة على طول الخط الساحلي: كوري، وولسونغ، وأُلتشين على الساحل الشرقي؛ ويونغوانغ على الساحل الغربي. وعلاوة على ذلك، كانت الحملة الوطنية للاعتماد على الذات في تكنولوجيا المحطات النووية تسير على قدم وساق، مع بداية مشروع يونغوانغ 3 و4 في يونغوانغ. لم يكن لعامة الشعب دور كبير أو فرصة لإبداء الرأي حول القرارات الخاصة بمشاريع وطنية كبيرة، مثل بناء محطات الطاقة النووية؛ وذلك لأن البلاد كانت خاضعة لحكم الأنظمة العسكرية (نظام بارك تسونغ-هي، ونظام تشون دو-هوان) لما يزيد على 20 عاماً. وكانت الطاقة النووية رمزاً وطنياً للتقدم الاقتصادي والاعتزاز، حيث توفر الطاقة الكهربائية الضرورية للصناعات الثقيلة التي تشهد نمواً سريعاً، وللاقتصاد التصديري المزدهر. وقد يجوز القول بأن كوريا الجنوبية كانت تمر بالمرحلة التكوينية لهيكلها الاقتصادي-الاجتماعي، فكانت تعمل على إنشاء بنيتها التحتية الأساسية، ولم يكن يُسمَح بالتأثير في مسيرتها بحجة قضايا مدنية/ اجتماعية. لقد وفّر هذا الجو فرصة ذهبية لإنشاء البنى التحتية النووية الرئيسية؛ مثل قوانين الأنشطة النووية، والبنية التحتية الخاصة بأنشطة البحث والتطوير، وإنشاء شركة المرافق الكهربائية لبناء وتشغيل محطات الطاقة النووية في أربعة مواقع، وإقامة شبكة كهربائية واسعة دون أي مقاومة الاجتماعية. كان التطور الاقتصادي يحتل أولوية أعلى من التطور الديمقراطي، من أجل الخروج من دائرة الجوع والفقر أولاً. ولم يكن هناك أي وجود للحركات العمالية النقابية المنظّمة حتى عام 1988. وخلال السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين، كان الترويج للطاقة النووية تتولاه وزارة الطاقة والموارد وشركة كيبكو، تخطيطاً وتنفيذاً، بمساندة تقنية من وزارة العلوم والتكنولوجيا ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وكان مفهوم السلامة النووية والرقابة النووية الوطنية المستقلة مازال في بداية تشكّله في معهد بحوث الطاقة الذرية

الكوري، لأن مشاريع محطات الطاقة النووية الجاري إنشاؤها كانت بعقود تسليم المفتاح مع الولايات المتحدة و كندا وفرنسا، ولها أُطرها التنظيمية والرقابية الخاصة بها.

ومن قبيل المصادفة، بدأ الاعتماد الذاتي التكنولوجي في مجال محطات الطاقة النووية وعملية التحول السياسي الديمقراطي مباشرة بعد أولمبياد سيول في عام 1988. وكان لا مفر، تقريباً، من التصادم بين تنفيذ مشروع يونغوانغ 3 و4 وولادة الحركة المناهضة للأنشطة النووية. لقد بدأ الأمر كله بحادثة صغيرة في موقع يونغوانغ لمحطات الطاقة النووية، الذي يقع على بعد 50 كيلومتراً فقط غربي غوانغجو، عاصمة إقليم جنوب تشولا. ومازال عامة الناس يتذكرون بوضوح تلك الانتفاضة المدنية الدموية التي حدثت في غوانغجو في يوم 18 مايو 1980 ضد الحكومة العسكرية الجديدة. وكان احتجاج قد حدث في يونغوانغ في عام 1987 للمطالبة بتعويض صيادي السمك، وكان ذلك الاحتجاج نابعاً من انعدام الثقة العميق في أي مشاريع للحكومة، خصوصاً في إقليم جنوب تشولا بتاريخه الطويل من التمييز والاضطرابات المدنية. وبدأ السكان المحليون القريبون من موقع يونغوانغ مظاهرة احتجاجية يطالبون فيها بتقديم تعويض عادل لصيادي السمك في البداية، ثم سرعان ما تحولت المظاهرة إلى حركة مناهضة للأنشطة النووية في كوريا بحلول عام 1988. فشكّل المحتجون تحالفاً لتنظيم حملات تنادي بالمحافظة على البيئة، ووجدوا دعماً شعبياً من الجماعات الدينية المحلية، وجماعات حقوق الإنسان، والنقابات العمالية التي تكوّنت حديثاً. وأصبح أحد القساوسة الكاثوليك في أبرشية يونغوانغ ناشطاً في الحركة المناهضة للأنشطة النووية، من خلال المواعظ والخطب التي يقول فيها إن الطاقة النووية ضد إرادة الله؛ لأنها تلاعب وعبث بالذرات. وبصرف النظر عن لاعقلانية هذا الكلام، فقد كانت الحركة المناهضة للأنشطة النووية تزداد قوة وتستثير مخاوف الجمهور من كوابيس السيناريوهات النووية، مثل تشوهات المواليد وأمراض السرطان التي يُزعم أنها ناجمة عن الإشعاعات المتسربة من محطات الطاقة النووية. لقد أصبح المدخل الرئيسي لموقع يونغوانغ مكاناً مفضلاً للمظاهرات المناهضة للأنشطة النووية، والتي تطالب بإلغاء مشروع يونغوانغ 3 و4 النووي الجديد. وكانت

حشود المتظاهرين تطغى أحياناً على قوات الشرطة المحلية وحراس الأمن. وانتشرت هذه الحركة انتشار النار في الهشيم لتعمّ المواقع النووية الأخرى: كوري وولسونغ وألتشين. وكان على فِرَق مشروع يونغوانغ 3 و4، بمن فيهم شخصي، من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وشركة كيبكو، حضور العديد من جلسات الاستماع والمناقشات العامة في سيول والمناطق الأخرى التي توجد فيها محطات طاقة نووية، وكثيراً ما يواجَهون بجمهور عاطفي وعدواني، وهم يدافعون عن السلامة النووية ومساهمات المحطات النووية في الاقتصاد المحلي.

كانت تلك بداية القبول الشعبي الحقيقي للطاقة النووية في كوريا، الذي لم يكن يتوقعه فريق المشروع. وبتأمل تلك الأحداث الماضية، نجد أن مشروع يونغوانغ 3 و4 لم يشكّل الخطوة الأولى في مسيرة الاعتماد الذاتي في تكنولوجيا محطات الطاقة النووية فحسب، بل بشّر أيضاً بالقبول الشعبي للطاقة النووية من جانب السكان المحليين وعامة الشعب لأول مرة في كوريا.

يدرك الجمهور أن هناك قيوداً على الحركات المناهضة للأنشطة النووية في الوقوف ضد الطاقة الكهربائية، لأن الفوائد الناجمة عن الطاقة النووية، بالإضافة إلى المكاسب الاقتصادية للمجتمعات المحلية، أمر لا تخطئه عين ولا يمكن إنكاره، شريطة ضمان السلامة النووية بأي ثمن. ومع ذلك، عندما برزت قضية التخلص من النفايات الإشعاعية، اكتشفت كوريا الجنوبية وضعاً مختلفاً ومعادياً تماماً، كما هي الحال في العديد من الدول الأخرى التي تستخدم الطاقة النووية. ففي أواخر ثمانينيات القرن العشرين، بدأت الحكومة الكورية حملة جادة لتحديد المواقع المرشحة للتخلص من جميع النفايات الإشعاعية الناتجة عن العدد الكبير من محطات الطاقة النووية العاملة، والتي مازالت تحت التشييد، والتي ستُبنى في المستقبل، بالإضافة إلى نفايات النظائر المشعّة المتولدة عن الاستخدامات الطبية والصناعية. وفي عام 1989، تم إنشاء صندوق مالي للنفايات الإشعاعية بهدف جمع أموال كافية للمرحلة النهائية من دورة الوقود النووي ومعالجة

النفايات الإشعاعية والتخلص منها ووقف تشغيل المنشآت النووية، وفقاً لمبدأ تحميل الملوِّث تكلفة التخلص من التلوُّث. وتم اختيار معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليكون المركز الوطني الرائد في تطوير التكنولوجيا، وكذلك في مشروع التخلص من النفايات الإشعاعية. لقد كان آخر مشروع طموح لهان بيل-سون أن يؤسس تكنولوجيا معالجة الوقود النووي المستنفد، إلى جانب مشروع التخلص من النفايات. وكان هان محقاً في أن يعتقد أن أمنيته ستتحقق، استناداً إلى سجل المشاريع الناجحة التي أنجزها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري تحت قيادته. فقد أجازت الجمعية الوطنية تشريعاً خاصاً لفرض مبلغ 1.865 وُون كوري على كل كيلوواط-ساعة من الطاقة النووية التي تولدها شركة كيبكو. ويبدو أن الطاقة النووية قد بدأت بداية سلسة إلى أن أصبحت قضية التخلص من النفايات الإشعاعية مفتوحة للجمهور.

والأحداث الدرامية التي تتابعت حتى اختيار الموقع، تزامنت مع تصاعد الحركات المناهضة للأنشطة النووية في عام 1989. وكُلِّفت وزارة العلوم والتكنولوجيا بإدارة صندوق التخلص من النفايات الإشعاعية، ومن ثم وقع على عاتق المؤسسات العلمية مهمة إيجاد الموقع المناسب للتخلص من النفايات الإشعاعية على نحو دائم (في البداية موقع واحد للنفايات المنخفضة والمتوسطة المستوى، بالإضافة إلى الوقود المستنفد). وقد اتضح أن ذلك خطأ فادح وربما سذاجة في أحسن الأحوال؛ فجميع المواقع المقترحة للتخلص من النفايات الإشعاعية لم تحظَ بأي قبول شعبي، واستمر الوضع هكذا طوال العشرين عاماً المقبلة، وأُقيل بسببه عدد من الوزراء. وكان أول موقع مقترح تم فحصه في عام 1988 هو يونغديوك على الساحل الشرقي، ثم نُقِل إلى جزيرة أنميون في عام 1990، ثم إلى جزيرة غوليوب على الساحل الغربي في عام 1994. ومن موقع إلى آخر، تضطر الحكومة كل مرة إلى إلغاء العملية برمتها، بعد احتجاجات عنيفة من السكان المحليين والمناهضين للأنشطة النووية. فقررت الحكومة نقل برنامج التخلص من النفايات الإشعاعية من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وتسليمه إلى شركة كيبكو، إلى جانب مشاريع تصميم نظام المفاعل النووي والوقود النووي في عام 1997. وكان نهج شركة

كيبكو يركز على إقناع المجتمعات المجاورة لمواقع محطات الطاقة النووية (ألتشين، ويونغديوك، ويونغوانغ، وغوتشانغ) بقبول مستودع النفايات الإشعاعية على أساس تطوّعي؛ لأن هذه المجتمعات كانت أكثر دراية بالقضايا النووية عموماً. وانتهت هذه المبادرة أيضاً إلى الفشل الذريع عندما حاول أحد الزعماء المحليين إقناع السكان بطريقة عدوانية مفرطة، فتسبب في اندلاع أعمال شغب واحتجاج، دون جدوى. لقد كانت روح الاعتراض سائدة بين السكان، وكانت تكتسب زخماً من موقع إلى آخر.

أخيراً، تم تبنّي نهج جديد تماماً في ظل إدارة الرئيس روه مو-هون من خلال إصدار قانون خاص جديد في عام 2005 بشأن التأييد المجتمعي للموقع المقترح للتخلص من النفايات الإشعاعية. هذا القانون الجديد فَصَل القضية الأكثر إثارة للجدل، بتخصيص الموقع للنفايات منخفضة/ متوسطة المستوى فقط، واستبعاد نفايات الوقود المستنفد العالية المستوى. واقتُرِح استخدام كهف جيولوجي عميق كمستودع للنفايات الإشعاعية بهدف تخفيف المعارضة الشعبية، رغم ارتفاع تكلفة هذه الطريقة المقترحة. وكان هذا نقيضاً لمستودعات النفايات منخفضة/ متوسطة المستوى في الدول الأخرى، والتي عادة ما تكون من نوع مدافن القمامة. علاوة على ذلك، عرضت الحكومة تقديم حوافز تنموية اقتصادية ضخمة للمنطقة التي تستضيف موقع التخلص من النفايات الإشعاعية، وطرحت بأنها ستلتمس من الحكومات المحلية طلبات لاستضافة الموقع على أسس طوعية وتنافسية، وبشرط أن يقبل أغلبية المواطنين رغبة حكومتهم المحلية عبر الاستفتاء. وأخيراً، نجح هذا القانون الجديد في إحداث نقطة تحول، وأُجري استفتاء محلي تاريخي بتاريخ 2 نوفمبر 2005، في أربع مناطق تقدمت بطلبات لاستضافة الموقع: غيونغجو، ويونغديوك، وبوهانغ على الساحل الشرقي، وغونسان على الساحل الغربي. وكانت تلك المرة الأولى التي يجري فيها استفتاء محلي في كوريا بشأن قضية واحدة. والمذهل حقاً هذه المرة أن كل شيء كان طوعياً، ولم يكن للمعترضين ما يقولونه. والأكثر إثارة للدهشة أن نتائج الاستفتاء أظهرت بعد عدّ جميع الأصوات أن المناطق الأربع المرشحة حصلت على الأغلبية الساحقة من الأصوات، في مقدمتها غيونغجو بنسبة 89.5 في المئة من الأصوات،

ثم غونسان بنسبة 84.4 في المئة، ثم يونغديوك بنسبة 79.3 في المئة، ثم بوهانغ بنسبة 67.5 في المئة. وأخيراً، فازت غيونغجو في المنافسة، وهي تقع في محافظة غيونغسانغ (جوار موقع محطات ولسونغ للطاقة النووية). إن الرحلة الطويلة المضطربة بحثاً عن موقع للتخلص من النفايات الإشعاعية قد انتهت أخيراً بعد أكثر من 20 عاماً تخللها العديد من أعمال الشغب وانعدام الثقة بين الناس. وأُنشئت المؤسسة الكورية لإدارة النفايات الإشعاعية، كمؤسسة جديدة منبثقة عن الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية، للإشراف على جميع القضايا المتعلقة بإدارة النفايات الإشعاعية؛ بدءاً من بناء الموقع المخصص للتخلص منها، إلى عمليات الشحن والتخزين الفعلي للنفايات منخفضة ومتوسطة المستوى من جميع أنحاء البلاد. واعتباراً من عام 2010، بدأ العمل في بناء منشأة تحت الأرض في غيونغجو للتخلص من النفايات، ومن المتوقع أن تصبح جاهزة للاستخدام بحلول عام 2013.

لعل أشهر مناهضي الأنشطة النووية في كوريا كان ينتمي إلى إحدى المنظمات غير الحكومية. إنه تشوي يول (رئيس مؤسسة البيئة)، الذي بدأ تنظيم الاحتجاجات ضد الطاقة النووية في ثمانينيات القرن العشرين. ويدّعي هؤلاء أن الطاقة النووية تُعدّ شكلاً من أشكال التلوث المضر بصحة الإنسان، لذلك لابد من التخلص منها. وقد عُقِد العديد من المناظرات العامة بين المؤيدين والمناهضين للطاقة النووية من أجل إقناع الجمهور بموقف أي من الفريقين وكسب تأييدهم له. ومن المسلَّم به أن الجمهور عموماً يميل إلى الانجراف وراء الحجج العاطفية التي يطرحها الطرف المناهض للطاقة النووية، في حين أن الحجج العلمية وحجج السلامة النووية التي كثيراً ما طرحها مؤيدو الطاقة النووية بدت في موقف الدفاع. غير أن هذه السنوات الطويلة من المناقشات حول الطاقة النووية قد بدأت تجد شيئاً من التمحيص الواقعي، الذي يؤكد على أن الطاقة النووية أمرٌ ضروري لاقتصاد البلاد والبيئة النظيفة، بشرط ضمان السلامة النووية. وبحساب السنوات التراكمية لعمل المفاعلات (عدد المفاعلات في عدد سنوات التشغيل)، فقد ظلت محطات الطاقة النووية الكورية تعمل لأكثر من 100 سنة حتى الآن دون وقوع أي حوادث كبرى تهدد السلامة. والآن بدأت اعتبارات تغير المناخ والاتجاهات العالمية القوية لتبنّي الاقتصاد المنخفض الكربون تسلّط ضوءاً جديداً

على حركات المحافظة على البيئة في كوريا أيضاً؛ ما أدى إلى إضعاف الحركات العاطفية الصاخبة التي كانت تناهض الأنشطة النووية خلال العقدين الماضيين.

هناك دروس عظيمة مستفادة من مسألة إيجاد موقع للتخلص من النفايات الإشعاعية في كوريا. فلم يكن أحد يتوقع أن التخوف العام وانتشاره بين السكان المحليين تجاه كل ما يتعلق بالأنشطة النووية سيكون بهذا الحجم عندما وصل الأمر إلى مرحلة اختيار موقع للتخلص من النفايات الإشعاعية. لقد استغرق البحث عن هذا الموقع 20 عاماً، لكن تكلفته النهائية على دافعي الضرائب ارتفعت ارتفاعاً كبيراً، علاوة على تقديم حزمة من الحوافز لتلبية الطلبات المتزايدة، والتكلفة الباهظة لأعمال حفر الكهف الجيولوجي العميق. وهذا قد يهدد اقتصاد الطاقة النووية الأساسي، على المدى الطويل. إن محاولة ضغط/ كبس الوقود النووي المستنفد عالي المستوى مع النفايات منخفضة/ متوسطة المستوى كانت درساً مكلفاً. ومازالت السياسة الوطنية تجاه الوقود المستنفد تراوح مكانها، ولم تحسم قضية التصرف النهائي في الوقود المستنفد. إن الدول الفقيرة في الموارد، مثل كوريا، لن يكون لها خيار سوى إعادة تدوير محتويات الطاقة المتبقية في الوقود المستنفد، إذا ما عولجت المخاوف الدولية بشأن منع الانتشار النووي على نحو صحيح؛ وتحديداً، يجب حل القضية النووية في كوريا الشمالية. وفي الوقت الراهن، تعمل كوريا الجنوبية مع شركائها الدوليين على إجراء بحوث أساسية لتطوير طريقة جديدة لتحل محل طريقة المعالجة الكيميائية للوقود المستنفد المستخدمة حالياً، لتصبح تكنولوجيا الجيل الخامس من المفاعلات. وتُعرف هذه الطريقة الجديدة باسم «المعالجة الحرارية»، مقارنة بعملية بوركس Purex التقليدية. والتحدي الأكبر أمام كوريا يتمثل في إثبات القدرة التنافسية التجارية لهذه التكنولوجيا الجديدة، إضافة إلى طبيعتها المقاومة للانتشار النووي.

مفاعل منظمة «كيدو» غير المكتمل

تتميز شبه الجزيرة الكورية جغرافياً بوجود نهرين يفصلانها عن الصين: نهر يالو («أبروك-غانغ» باللغة الكورية)، الذي يجري غرباً من جبال بايدكو (أعلى قمة في شبه

الجزيرة) إلى البحر الأصفر، ونهر تومين («دومان-غانغ» باللغة الكورية)، الذي يجري شرقاً من منبعه إلى بحر الشرق. وكانت كوريا بلداً موحداً لأكثر من 1300 سنة منذ حقبة مملكة شيلا الموحدة (من القرن السابع إلى العاشر)، وحقبة مملكة كوريو (من القرن العاشر إلى الخامس عشر)، وحقبة تشوسون (من القرن الخامس عشر إلى العشرين)، وخلال فترة الاحتلال الياباني (1910-1945). ولم تنقسم شبه الجزيرة الكورية إلى قسمين إلا خلال العقود الستة الأخيرة منذ عام 1948: النظام الشيوعي في الشمال (يُعرَف رسمياً باسم جمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية)، ونظام اقتصاد السوق الديمقراطي في الجنوب (جمهورية كوريا). وعلى هذا النحو، تشترك الكوريّتان في التاريخ نفسه (باستثناء السنوات الستين الماضية)، والأصل العرقي واللغة (توجد لهجات مختلفة لكنها مفهومة للكوريين في البلدين)، والأهم من ذلك كله، تشترك الكوريّتان في الرغبة في العودة إلى الوحدة يوماً ما. ومساحة اليابسة في شبه الجزيرة الكورية تقارب مساحة الجزيرة البريطانية الرئيسية؛ ومساحة كوريا الشمالية أكبر من مساحة كوريا الجنوبية (بنحو 1.5 مرّة)، غير أن تعداد سكان الجنوب (50 مليون نسمة) يساوي ضعفي عدد سكان الشمال.

شرعت كل من الكوريّتين في عمليات إعادة الإعمار بعد الحرب الكورية المدمرة (1950-1953)، التي تركت كلا الجانبين في حالة من الفوضى والخراب والفقر. وكانت بدايات العصر النووي في الكوريّتين في خمسينيات القرن العشرين متشابهة، بالانضمام إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية وإنشاء مراكز البحوث النووية الوطنية: يونغبيون (على بعد نحو مئة كلم شمال بيونغ يانغ) في الشمال، وتاينونغ في ضاحية سيول في البداية، ثم انتقل إلى دايدوك، في الجنوب. وبقيت البرامج النووية في كل دولة معزولة عن برامج الدولة الأخرى (حقيقة إلى اليوم)، لكن لابد من أن تكون هذه البرامج قد تمتعت بأولوية فائقة من طرف حكوماتها.

غير أن أوجه الشبه قد زالت في منتصف سبعينيات القرن العشرين، عندما فرضت كوريا الشمالية على برنامج تطوير الأسلحة النووية المزيد من العزلة والسرية عن بقية العالم. واكتشفت الوكالة الدولية للطاقة الذرية نوايا كوريا الشمالية العسكرية لأول مرة في

عام 1992، عندما كشف تقرير الجرد الأولي لكوريا الشمالية عن تناقضات خطيرة، خصوصاً في كمية البلوتونيوم المستخرج من مفاعل الغرافيت (من نوع ماغنوكس) في يونغبيون، وعدد المرات التي استخرج فيها. وكان هانز بليكس، مدير عام الوكالة الدولية للطاقة الذرية وقتئذٍ، ضمن الوفد الأول من المندوبين الدوليين الذين زاروا موقع يونغبيون في عام 1992. وأبدى الكوريون الشماليون لبليكس استعدادهم لتحويل مفاعلات الغرافيت التي لديهم إلى مفاعلات تعمل بالماء الخفيف للمرة الأولى. ومع ذلك، تطورت قضية التناقضات، فنتجت عنها الأزمة الأولى في عام 1993. وانسحبت كوريا الشمالية، أحادياً، من معاهدة منع الانتشار النووي ومن عضوية الوكالة الدولية للطاقة الذرية، في سابقة لم تحدث من أي دولة أخرى. وفي عام 1994، أبرمت الولايات المتحدة الأمريكية وكوريا الشمالية اتفاقاً ثنائياً (عُرِف باسم «اتفاق الإطار») تتوقف بموجبه كوريا الشمالية عن تطوير الأسلحة النووية والوقود ومعالجة الوقود. ومقابل ذلك، يُسمح لكوريا الشمالية ببناء محطتين للطاقة النووية (من نوع مفاعل الماء الخفيف، الأكثر مقاومة للانتشار النووي) بقدرة 2000 ميغاواط من الكهرباء. وفي عام 1995، تم تكوين منظمة جديدة، سمِّيت منظمة تطوير الطاقة في شبه الجزيرة الكورية «كيدو» KEDO، لتنفيذ هذا الوعد. ومن أجل التغلب على انعدام الثقة المتبادل، نص «اتفاق الإطار» على كل الخطوات والإجراءات التبادلية التي ينبغي أن يلتزم بها الطرفان. وانقضت عشر سنوات من العمل الشاق المكثف لبناء مفاعلات الماء الخفيف، التي وعدت بها منظمة كيدو، في كوريا الشمالية. لكن مشروع البناء توقف نهائياً عندما تفجرت الأزمة الكورية الشمالية الثانية في عام 2002، بسبب الاشتباه في وجود برنامج لتخصيب اليورانيوم. وبناءً على ذلك، كان لابد من حل منظمة كيدو في عام 2006، وفي حين أُنجز نحو 35 في المئة من بناء مفاعل الماء الخفيف؛ وأُنفق عليه أكثر من 1.5 مليار دولار، لكنه لم يكتمل. لقد دُهش العالم لاكتشاف أثر طفيف لغاز ناتج عن انشطار الزِّينون في أول تجربة نووية أجرتها كوريا الشمالية في عام 2006، ويبدو أنه تسرب من موقع تحت الأرض في بونغي بمقاطعة هامغيونغ، عقب التجربة النووية الثانية في عام 2009. واستؤنفت المحادثات السداسية (الولايات المتحدة، والصين، وروسيا، واليابان، والكوريّتان) برئاسة الصين مرة أخرى، ثم توقفت منذ

التجربة النووية، وذلك من أجل حل قضية الأسلحة الكورية الشمالية ضمن إطار للسلام والأمن الدائمين في شبه الجزيرة الكورية.

ما ورد أعلاه هو الملخص المختصر المُعلن للغز كوريا الشمالية النووي. وقد مرّ عشرون عاماً تقريباً منذ الأزمة النووية الأولى في كوريا الشمالية في عام 1992. لقد أصبح ولعاً وهاجساً شخصياً لي أن أتابع مجريات الأحداث من زاوية الاهتمام المهني. فالكثير من العناوين الرئيسية قد كُرِّست للجوانب السياسية والعسكرية والأمنية والدبلوماسية لهذه القضية، في حين لا يُعرف إلا القليل نسبياً عن الجهود التقنية التي بُذِلت لإنجاز مشروع منظمة كيدو لمفاعلات الماء الخفيف. لذلك، سيقدّم الجزء التالي وصفاً لمشروع مفاعلات الماء الخفيف من النواحي التقنية، باعتباره امتداداً منطقياً لبرنامج الاعتماد الذاتي التكنولوجي في مجال محطات الطاقة النووية، الذي كان يجري في كوريا الجنوبية في الوقت نفسه. رغم كل شيء، أُنفِق على مشروع مفاعلات الماء الخفيف أكثر عن 1.5 مليار دولار، وكان على دافعي الضرائب الكوريين تغطية 70 في المئة من هذا المبلغ. إن قصة «المشروع غير المكتمل» لابد من أن تُروى لكي يفهم العالم الوضع الراهن الذي يجعل القضية النووية الكورية فريدة في نوعها حقاً.

أي مفاعل ستختاره منظمة كيدو؟

كانت الخطة الأساسية لتزويد كوريا الشمالية بمفاعلات الماء الخفيف مقابل تفكيك قدراتها النووية قد بدأت تترسخ بين الحكومة الأمريكية وحكومتيْ كوريا الشمالية وكوريا الجنوبية في عام 1993. واتُّخِذ موضوع مفاعل الماء الخفيف كرمز واضح لتخفيف حدة التوتر في شبه الجزيرة الكورية. وراج العديد من التكهنات المتفائلة حول كيف ومتى ستفتح كوريا الشمالية أبوابها للعالم، لدرجة أن شركات توريد المفاعلات النووية الأمريكية، مثل شركة وستنجهاوس وشركة كومبسشن إنجنيرينغ، بدأت تمارس ضغوطاً لصالح تسويق محطاتها النووية (من نوع مفاعلات الماء الخفيف) لكوريا الشمالية. وبعد

كثير من المداولات وفحص القناعات والدوافع الداخلية، اتخذت حكومة كوريا الجنوبية قراراً في عام 1993 بأن تتولى الدور القيادي في مشروع مفاعلات الماء الخفيف والأعباء المالية المرتبطة به، بشرط أن يتم تبنّي نموذج محطة الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة. لقد كان قراراً جريئاً من جانب كوريا الجنوبية؛ لأن بناء أول وحدات من المحطات ذات التصميم المعياري الموحّد، ألتشين 3 و4، كان قد بدأ للتو، وتولّى فيه الكوريون المسؤولية الكاملة لأول مرة. أما بناء مشروع يونغوانغ 3 و4، الذي تتولى مسؤوليته شركات أمريكية، فقد كان في مرحلته النهائية. وفي واقع الأمر، دارت نقاشات داخلية جدية بين المؤسسات الكورية بسبب مصطلح «النموذج الكوري لمحطات الطاقة النووية»، حيث رأى البعض أن ما كنا نبنيه من محطات لا يعدو كونه نسخة من التصميم الأمريكي، ولا ينبغي أن يُطلَق عليه اسم محطة الطاقة النووية «الكورية المعيارية». نعم، لا جدال في أن تكنولوجيا التصميم ومحطات الطاقة النووية أصلها أمريكي، لكن المحطات النووية الكورية أيضاً كانت الوحيدة ذات التصميم الجديد، وتحت مسؤولية كورية كاملة. غير أن مجرد وجود إنشاءات ضخمة لمحطات الطاقة النووية في إطار برنامج الاعتماد الذاتي التقني لم يكن معروفاً بقدر كبير خارج المؤسسات النووية الكورية. وبناءً على ذلك، لابد من أن يكون مفهوم المحطات النووية الكورية المعيارية مفهوماً غريباً في نظر أعضاء قطاع مفاعلات الماء الخفيف المفاوضين.

لابد من الاعتراف بدور لي بيونغ-ريونغ، الذي كان وقتها مديراً لمشروع تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار في وحدات ألتشين 3 و4، وهو من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. فبصفته مستشاراً تقنياً للفريق التفاوضي الكوري (معظمه من أعضاء السلك الدبلوماسي) الخاص بمشروع مفاعلات الماء الخفيف، قدّم الكثير من الحجج التي تثبت صلاحية مشروع ألتشين 3 و4، والمناشدات المتكررة ليتم اعتماده نموذجاً لمفاعل الماء الخفيف في كوريا الشمالية. وقد أعطت حججه القوية الراسخة ثقة كافية للدبلوماسيين جعلتهم يتبنّون نموذج المحطة النووية الكورية المعيارية لمشروع مفاعلات

الماء الخفيف في كوريا الشمالية قبل التوقيع الرسمي على «اتفاق الإطار» بين الولايات المتحدة وكوريا الشمالية في 21 أكتوبر 1994. كانت تلك الخطوة تحمل معانيَ أكبر بكثير من بناء محطة للطاقة النووية في مكان آخر. لقد كان المأمول أن تكون جسراً للسلام والاستقرار في شبه الجزيرة الكورية، ومَعبَراً نحو إعادة توحيد البلدين يوماً ما. لقد تم إنشاء مكتب خاص لتخطيط مشروع مفاعلات الماء الخفيف في سيول، تحت إشراف وزارة التوحيد، بهدف دمج الجهود الوزارية المشتركة، ثم أُنشئت بعد ذلك منظمة كيدو في نيويورك في عام 1995.

نظراً لأن مفاعلات الماء الخفيف كانت نسخاً طبق الأصل لأحدث المحطات النووية الكورية المعيارية التي يجري بناؤها في كوريا الجنوبية، وأن كوريا الجنوبية تحمّلت 70 في المئة من إجمالي التمويل، فمن الطبيعي أن يتم اختيار شركة كيبكو كمقاول رئيسي في عقد بناء محطة الطاقة النووية، مع نفس فريق المقاولين الفرعيين المشاركين في مشروع ألتشين 3 و4، إضافة إلى بعض المشاركة من اليابان بحكم أنها تحمّلت 20 في المئة من التكلفة الإجمالية. وكان الاختلاف الرئيسي هو أن شركة كيبكو لم تعُد المالك والمشغّل لمفاعل الماء الخفيف، لكنها مورِّد محطة الطاقة النووية بتسليم المفتاح إلى مكتب المشروع بكوريا الشمالية من خلال منظمة كيدو، وقد أُعِدت جميع وثائق المشروع باللغة الإنجليزية تلبية للشروط الدولية. وتم إخلاء موقع البناء في منطقة كومهو في جنوب مقاطعة هامغيونغ التي تقع شمال مدينة هامهيونغ (ثاني أكبر مدينة في كوريا الشمالية بعد بيونغ يانغ) على الساحل الشرقي. وكان الروس قد أجروا مسحاً لموقع كومهو في ثمانينيات القرن العشرين للنظر في إمكانية بناء محطات نووية روسية من طراز VVER. ورغم ما لا يحصى من الصعوبات والعوائق الناشئة عن العمل مع الكوريين الشماليين، فقد سارت أعمال التصميم والتصنيع والبناء على نحو كافٍ لصب أول خرسانة إسمنتية في الوحدة رقم 1 في يوم 7 أغسطس 2002، بعد الحصول على رخصة البناء من الهيئة الرقابية في كوريا الشمالية. وكانت تلك المرة الأولى التي يعمل فيها ألوف من المهندسين والعمال الكوريين الجنوبيين

والشماليين معاً في مشروع بناء بهذه الضخامة. ورغم أن كلا الجانبين يتكلم اللغة الكورية نفسها، فقد كان لابد من التغلب على الفوارق الذهنية الهائلة بين الطريقة الشيوعية والطريقة الديمقراطية الليبرالية. وبعد العمل معاً لعدة سنوات، بدأت الفجوات العقلية تضيق بين الجانبين، وتحسَّن فهم بعضهما للآخر. وتم تصنيع المعدّات الرئيسية، بما فيها وعاء المفاعل ومولدات البخار، وتجميع رأس وعاء المفاعل، في مصنع دوسان بمنطقة تشانغوان ومصنع ميتسوبيشي بمنطقة كوبي في اليابان.

وعندما كانت أعمال تشييد مبنى الاحتواء containment building للوحدة رقم 1 في ذروتها عام 2002، اندلعت أزمة كوريا الشمالية النووية الثانية إثر انكشاف برنامج تخصيب اليورانيوم، الذي ينتهك المبادئ الرئيسية لاتفاق الإطار المبرم بين الولايات المتحدة وكوريا الشمالية. وكان التوتر يتفاقم، وأُبطئ العمل في المشروع أولاً، ثم عُلِّق، ثم أوقف تماماً في ديسمبر 2006، لينتهي بذلك مشروع منظمة كيدو لمفاعلات الماء الخفيف. والجانب الإيجابي الوحيد هنا هو تبنّي برنامج الصيانة والحفظ الواسع في موقع كومهو لحماية الهياكل الهندسية المدنية والميكانيكية التي تم تشييدها بالفعل، ومنعها من التآكل ومن أضرار الصدأ على المدى الطويل. وتم بناء مخزن خاص في مصنع دوسان بمنطقة تشانغوان لتخزين المعدات الرئيسية المصنَّعة لمدى طويل، بتوفير تدابير عالية المستوى للحفظ والوقاية. وقد أعرب تشوي هان-كوان، الذي عمل مستشاراً تقنياً خاصاً بمنظمة كيدو طوال 11 عاماً، عن أسفه لإنهاء المشروع، وقال: «أنا على ثقة من أن التجارب الفريدة المكتسبة من مشروع مفاعلات الماء الخفيف سوف تلعب دوراً محورياً في عملية إعادة التوحيد في نهاية المطاف». وعموماً، أُنجز 34.5 في المئة من البناء عندما تقرر إنهاء المشروع، وبعد عشر سنوات من العمل المضني، وإنفاق نحو 1.5 مليار دولار. إنها نهاية حزينة لمشروع «لم يكتمل».[1]

ماذا يمكن أن تكون الدروس المستفادة من هذا المشروع «الفاشل»؟ هل يمكن استخلاص أي شيء إيجابي من المعرفة والخبرات المكتسبة خلال سنوات مشروع «كيدو»

لمفاعلات الماء الخفيف؟ لقد ظهرت النتائج الإيجابية لتلك التجربة بسرعة لم يكن يتوقعها أحد؛ فكانت أول النتائج الملموسة قد تحققت بعد ثلاث سنوات فقط، عندما اختير كونسورتيوم كيبكو باعتباره الفائز بعقد دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2009، وهو من المواضيع الأساسية في هذا الكتاب. في الواقع، كان مشروع «كيدو» أول مشروع لبناء محطات طاقة نووية تتولّى فيه شركة كيبكو دور المقاول الرئيسي لتوريد محطة الطاقة النووية بأكملها، في إطار مشروع بنظام تسليم المفتاح، بدلاً من أن تكون الطرف المتلقي لمحطات الطاقة النووية. وكان العميل/ الزبون الفعلي هو منظمة كيدو المتعددة الأطراف (وليست كوريا الشمالية)، بحيث كانت جميع الوثائق والاتصالات تتم باللغة الإنجليزية. وفي الواقع، كان مشروع منظمة كيدو أول مشروع تصدِّره شركة كيبكو خارج كوريا الجنوبية، كما أن أعضاء الشركة الذين عملوا في المشروع هم أنفسهم من قام بتقديم العطاء لمشروع دولة الإمارات العربية المتحدة وتنفيذه. ولاشك في أن المعرفة المكتسبة من مشروع منظمة كيدو قد لعبت دوراً خفياً، لكنه حاسم، في مشروع دولة الإمارات العربية المتحدة.

ولكن، ماذا عن العلاقة بين الكوريتين الشمالية والجنوبية؟ بالرغم من المواجهات العسكرية/ السياسية التي حدثت (ومازالت تحدث) خلال فترة العمل في مشروع مفاعلات الماء الخفيف، فقد بدأت عقلية كوريا الشمالية الجامدة تلين بفضل الصدق والنزاهة التي أظهرها الكوريون الجنوبيون المشاركون في العمل الهندسي. وبمرور السنوات، تلاشت المخاوف الكورية الشمالية الأولية من وجود مفاعلات الماء الخفيف الكورية الجنوبية على أراضيها، إذ كانت تخشى أن تتحول هذه المفاعلات إلى «حصان طروادة». وتحققت الثقة المتبادلة كشريك اقتصادي فاعل منذ عام 2006 في مجمّع غايسيونغ الصناعي الواقع على بعد 10 كيلومترات فقط شمال المنطقة الحدودية المنزوعة السلاح. فقد قامت أكثر من 100 شركة صناعية صغيرة من كوريا الجنوبية باستثمار رؤوس أموالها ومعدّاتها وقدرتها التكنولوجية في القوة العاملة الكورية الشمالية، فتذوّق الشمال من خلالها نكهة اقتصاد السوق. كما أن إطار منظمة كيدو الرباعي (الولايات

المتحدة، واليابان، والاتحاد الأوربي، وكوريا الجنوبية) قد أرسى الأساس للمحادثات السداسية منذ عام 2003 لمعالجة إحدى قضايا الأمن الإقليمي في شمال شرقي آسيا. ورغم كل شيء، فقد يكون منبر المحادثات السداسية الوسيلة الوحيدة لحل الأزمة النووية الكورية الشمالية، إلى جانب تحقيق السلام والأمن الدائمين في المنطقة. ومن جانبي، أعتقد أن مشروع مفاعلات الماء الخفيف «غير المكتمل» قد يُستأنف العمل فيه ويكتمل يوماً ما، إذا جددت كوريا الشمالية التزامها الكامل بمنع الانتشار النووي. ومن يدري؟ فربما يأتي هذا اليوم بأسرع مما نتصور.

القسم الثاني

معرفة كيف ومعرفة لماذا

في القسم الأول من هذا الكتاب، كان التركيز منصبّاً على تشكُّل سياسة الاعتماد على الذات في مجال محطات الطاقة النووية التي أدت إلى ميلاد مشروع يونغوانغ 3 و4، بمشاركة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في بناء محطة الطاقة النووية العاشرة في البلاد في ثمانينيات القرن العشرين. وكان دور المعهد يتمثل في التنظيم وبناء قدرات تقنية في مجالات تصميم نظام المفاعل النووي والتصميم الأوّلي الأساسي. وكان القرار النهائي القاضي باختيار شركة كومبسشن إنجنيرينغ (CE) بدلاً من شركة وستنجهاوس، شريكاً في التكنولوجيا قد شكل نقطة تحول تاريخية في التعجيل بإضفاء الطابع الكوري على تكنولوجيا الطاقة النووية. بيد أن ذلك لم يكن سوى فصل من الرواية الكاملة. فعلى المرء أن يفهم تاريخ الطاقة النووية في كوريا، بدءاً من إنشاء وحدة كوري 1، مروراً ببناء وحدات يونغوانغ 1 و2، وصولاً إلى قرار إنشاء وحدات يونغوانغ 3 و4. إن المعرفة التقنية ومهارات إدارة مشاريع تشييد محطات الطاقة النووية تطورت تدريجياً من خلال تشييد الوحدات التسع الأولى وتشغيلها. وبفضل الدروس التي تعلمها الكوريون بجهود مُضنية، كانت القوة الدافعة تتراكم، والنشاط يزداد مبشِّراً بإحداث تغيير جذري في أسطول محطات الطاقة النووية الكورية المراد إنشاؤها في المستقبل.

الفصل الثامن

سنـوات التكـويـن

«الماكينة الذرية»

من المهم أن ندرك الدور الذي قام به رِي سـينغمان (1875-1965)، الـرئيس الأول المؤسس لكوريا الجنوبية، الذي رسم ملامح الجمهورية الوليدة خلال فـترة رئاسـته التـي استمرت اثني عشر عاماً (1948-1960). إنه قائد أسطوري، ومناهض قـوي للـشيوعية، ومُصلِح السياسات اليابانية التي ظلت مفروضة على كوريا لنحو 50 عاماً. وُلد سينغمان في عائلة نبيلة من سلالة «يي» Yi الإمبراطورية، وتلقّى تعليماً جيداً في مدرسة كونفوشيوسية تقليدية في سنواته المبكّرة، ثم أكمل دراسته الجامعيـة لاحقـاً في الولايـات المتحـدة حيـث تخرج في جامعة جورج واشنطن وجامعة هارفرد، وحصل أخيراً على شهادة الـدكتوراه في التاريخ والعلوم السياسية والاقتصاد مـن جامعـة برينـستون في عـام 1911. وقـد كانـت أطروحته للدكتوراه من جامعة برينستون بعنوان **الحياد تحت تأثير النفوذ الأمريكي**، وهـي دراسة لتاريخ الدول المحايدة منذ القرن الثامن عشر والدور الفريد الذي قامت بـه القـوة الأمريكية الصاعدة حينذاك. لقد كان سينغمان السياسي الكوري الأفـضل تعلـيماً إلى حـد بعيد في عصره، ومتقدماً على الجميع بفارق كبير، وصاحب رؤية واضحة للعالم ومـستقبل كوريا. وقد أكسبه تعليمـه في الولايـات المتحـدة فهـماً جيـداً للديمقراطيـة وتفوقهـا عـلى الشيوعية، في وقـت كـان فيـه معظـم الـوطنيين القـوميين متعـاطفين مـع المبـادئ والمُثُـل الشيوعية، ما أدى إلى تقسيم البلاد إلى كوريّتين في عام 1948.[1]

ولكون ري سينغمان قائـداً لحركـة الاسـتقلال خـلال الاحـتلال اليابـاني (1910-1945)، فلابد من أنه قد فهم القـوة الجبـارة للقنبلـة الذريـة بعـد استـسلام اليابـان غـير

المشروط في عام 1945. وقد تعزز مفهوم القوة الجبارة هذا خلال الحرب الكورية (1950-1953) عندما فكّرت الولايات المتحدة جدياً في إمكانية استخدام قنبلة ذرية ضد الجيش الصيني الغازي.[2]

في ذلك الوقت، كان الاستخدام السلمي للطاقة النووية لإنتاج الكهرباء في بداياته الأولية عقب خطاب «الطاقة الذرية من أجل السلام» الذي ألقاه الرئيس الأمريكي أيزنهاور أمام الجمعية العامة للأمم المتحدة في عام 1953. بعد ذلك، بدأت أول محطة تجارية للطاقة للنووية في العالم - محطة كالدر هول Calder Hall في المملكة المتحدة - عملها التجاري في عام 1956، وأُنشئت الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA في عام 1957 كمنظمة خاصة مستقلة تابعة للأمم المتحدة ومقرها في فيينا، النمسا. في الواقع، قام العلماء السوفييت بخطوة مبكرة في عام 1954 لإثبات توليد الطاقة الكهربائية من مفاعل نووي في مركز أوبنينسك النووي (100 كلم جنوب موسكو). وتوضح السجلات التاريخية أن الرئيس الكوري الشمالي، كيم إيل-سونغ، قام بزيارة مفاعل أوبنينسك لحضور مراسم افتتاحه في عام 1954، ما يقدّم دليلاً على أنه حتى زعيم كوريا الشمالية كان لديه اهتمام شديد بالتطور النووي منذ بداياته الجنينية.

ويعد الرئيس سينغمان «عرّاب الطاقة الذرية» في كوريا الجنوبية بفضل رؤيته الشخصية وحماسته لاستخدام الطاقة الذرية، حتى في كوريا التي كانت تفتقر إلى معظم ضروريات الحياة في خمسينيات القرن العشرين. لقد كانت رؤيته للطاقة الذرية تركّز بوضوح على الاستخدام السلمي للطاقة النووية، بهدف زيادة إنتاج الكهرباء منذ البداية في دولة ناشئة مثل كوريا. وانضمت كوريا الجنوبية إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 1957 كواحدة من الدول الأعضاء المؤسسة لميثاق الوكالة، رغم أنها لم تكن عضواً بعد في الأمم المتحدة (انضمت الكوريّتان إلى الأمم المتحدة في وقت واحد في عام 1991، أي بعد 34 سنة من انضمام كوريا الجنوبية إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية).

والتعليق الشخصي الوحيد الذي صرح به الرئيس سينغمان حول الطاقة النووية كان جديراً بالملاحظة؛ ففي خطاب التهنئة الذي ألقاه في الاحتفال بمناسبة إنشاء أول مفاعل للبحوث في كوريا، مفاعل تريغا مارك-2 بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في يوم 14 يوليو 1959 (أي قبل أقل من سنة من إبعاده القسري من منصبه في عام 1960 في أعقاب «ثورة 19 إبريل الطلابية»)، قال الرئيس ري سينغمان في ذلك الاحتفال: «يجب علينا تطوير "ماكينة ذرية" متفوّقة في المستقبل»، في إشارة قوية إلى توليد الكهرباء من الطاقة النووية. لقد اختار هذا التعبير الإنجليزي atomic machine واستخدمه عمداً في خطاب كله باللغة الكورية، عدا هذا التعبير.

ووكر سيسلر

إلى جانب وجود الرئيس ري سينغمان، تطلب البدء في الخطوة الأولى نحو استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية في كوريا، زيارة مهندس أمريكي شهير، يُدعى ووكر لي سيسلر Walker Lee Cisler (1897-1994)، إلى سيول في عام 1956. لقد أصبح سيسلر (دفعة 1922 بجامعة كورنيل، قسم الهندسة الميكانيكية) مشهوراً بسبب النجاح الكبير الذي حققه في إعادة بناء الشبكة الكهربائية في أوربا مباشرة بعد الحرب العالمية الثانية في إطار خطة مارشال. كما أنه معروف بدفاعه القوي عن استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء. وقد جاءت علاقته الكورية الأولى عندما قطعت كوريا الشمالية تدفق التيار الكهربائي إلى الجنوب فجأة، فلجأت كوريا الجنوبية إلى توفير الكهرباء من سفن لتوليد الطاقة الكهربائية كانت راسية في ميناءَي إنشيون وبوسان في عام 1948. وأصبح لاحقاً رئيساً تنفيذياً لشركة أديسون ديترويت، وأنشأ الجيل الأول من محطات الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء لأغراض تجارية. كما كان عضواً مؤسساً في المنتدى الصناعي الذري AIF، والأكاديمية الوطنية للهندسة في الولايات المتحدة.

عندما التقى سيسلر بالرئيس سينغمان لأول مرة في عام 1956، أي بعد ثلاثة أعوام فقط من إعلان «الطاقة الذرية من أجل السلام» الذي أطلقه الرئيس أيزنهاور، وفي العام

ذاته الذي نجحت فيه تجربة أول محطة تجارية للطاقة الذرية في كالدر هول بالمملكة المتحدة، تقدّم باقتراح جريء إلى الرئيس سينغمان العجوز (كان عمره 81 عاماً آنذاك) يدعوه فيه إلى التفكير في توليد الكهرباء باستخدام الطاقة النووية في كوريا الجنوبية. وبطريقة ما، استطاع أن يقنع الرئيس بسحر الطاقة النووية بعد أن أراه «صندوق الطاقة»، الذي يوضح أن كمية من اليورانيوم ستنتج طاقة أكبر مما تنتجه الكمية نفسها من الفحم بنحو ثلاثة ملايين ضعف. وكان سيسلر ببساطة يحاول شرح نظرية آينشتاين حول الكتلة والطاقة، $E = mC^2$، حيث الطاقة المنتَجة تساوي حاصل ضرب كتلة اليورانيوم المستخدَم m في مربع سرعة الضوء C، كما تقول المقررات الدراسية لأساسيات علم الفيزياء هذه الأيام. وفي الواقع، هذا القانون الأساسي للفيزياء هو السبب الأساسي وراء الانجذاب إلى الطاقة النووية: إمكانية إنتاج طاقة وفيرة للغاية من مادة قليلة من اليورانيوم وفقاً لفيزياء الكم quantum physics. وعندما يتم إنتاج هذه الطاقة الضخمة بطريقة سريعة وغير منضبطة تصبح قنبلة نووية؛ لكن عندما يتم إطلاق هذه الطاقة بطريقة بطيئة متحكَّم فيها تماماً، يمكن تسخيرها لتوليد طاقة منتجة وكهرباء. ويبدو أن الرئيس سينغمان أُعجب بقصة «صندوق الطاقة» التي شرحها سيسلر، فطرح عليه سؤالين، هما:

«ما الذي يجب أن نقوم به أولاً لجعل هذه الطاقة أمراً ممكناً؟»، و«في نظرك، متى ستكون الطاقة النووية أمراً ممكناً في كوريا الجنوبية؟».

فأجاب سيسلر بقوله:

«عليكم إنشاء مكتب للطاقة الذرية ومركز لبحوث الطاقة الذرية في الحكومة، والاستثمار في تدريب العلماء والمهندسين النوويين. وقد يستغرق إنتاج الطاقة الذرية نحو عشرين عاماً إذا سارت الأمور كما ينبغي».

أخذ الرئيس العجوز نصيحة سيسلر حرفياً تقريباً وبالتزام شخصي. وقد أثبت التاريخ أن سيسلر كان محقّاً، لأن أول محطة طاقة نووية تجارية، وحدة كوري 1، بدأت عملها في عام 1978؛ أيْ بعد عشرين عاماً بالضبط من التوقيت الذي تنبّأ به سيسلر.

إحدى الحجج التي أقنعت الرئيس سينغمان هي أن كوريا تفتقر إلى موارد الطاقة (وهذا الافتقار يتجلى أكثر في كوريا الجنوبية، لأن معظم الفحم العالي الجودة والسدود الخاصة بتوليد الطاقة المائية موجود في كوريا الشمالية). فقال سيسلر للرئيس: «جميع مصادر الطاقة، كالفحم، يتم استخراجها من باطن الأرض، لكن الطاقة النووية يتم استخراجها أساساً من العقل البشري. إن دولاً مثل كوريا لا تمتلك موارد للطاقة سوى الموارد البشرية، لذلك عليكم البدء بتدريب القوة البشرية الفنية». هذه العبارة ليست صائبة تماماً، لأن اليورانيوم أيضاً يتم استخراجه من باطن الأرض، كما هي الحال مع الفحم. ومع ذلك، فإن الاختلاف الأهم بين اليورانيوم والفحم هو أن كمية اليورانيوم اللازمة لتوليد الطاقة أقل بكثير من كمية الفحم اللازمة، غير أن إنتاج الطاقة النووية يتطلب قوة بشرية فنية أعلى تدريباً مما يتطلبه إنتاج الطاقة من الفحم. إن جاذبية الطاقة النووية الرئيسية والحجة الثابتة، حتى اليوم، لتفضيلها على الوقود الأحفوري هي أن اعتمادها على وقود يورانيوم أقل، بينما تعتمد اعتماداً واسعاً على الموارد البشرية الفنية العالية التدريب.

لم يهدر الرئيس سينغمان أي وقت، وأصدر أمراً تنفيذياً يقضي بإنشاء مكتب للطاقة الذرية يتبع لوزارة التربية والتعليم في عام 1956. وتم التوقيع في العام نفسه على اتفاقية بين الولايات المتحدة الأمريكية وكوريا الجنوبية للتعاون فيما يتعلق بالاستخدامات المدنية للطاقة الذرية. وابتُعث 127 من العلماء والمهندسين الشباب الكوريين إلى الولايات المتحدة للتدريب، بمنح دراسية حكومية، وذلك بفضل تلك الاتفاقية الثنائية. وكان يون سي-وون، الذي أصبح لاحقاً أول مدير لمكتب الطاقة الذرية، ضمن المجموعة الأولى من الدارسين الذين عادوا من الولايات المتحدة إلى كوريا الجنوبية. وتحت إدارته للمكتب، وُضع مشروع لقانون نووي وأجازته الجمعية الوطنية في عام 1958، ما وفّر أساساً متيناً لالتزام الحكومة القانوني باستخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية. وقد انضمت كوريا الجنوبية للوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 1957، بوصفها إحدى الدول الأعضاء المؤسسة لميثاق الوكالة.

لقد كان قراراً جريئاً من جانب الرئيس سينغمان أن يُولي اهتماماً والتزاماً شخصياً بالمسائل النووية في وقت كانت الدولة ما تزال تعاني الفقر بعد الحرب الكورية المدمِّرة (كان متوسط دخل الفرد في السنة نحو سبعين دولاراً أمريكياً). لقد أرسى هذا القرار أساساً متيناً من البنية التحتية الإدارية والقانونية في كوريا الجنوبية يساعد على الإسراع في توليد الطاقة النووية في السنوات المقبلة. إن القصص الرائعة التي تصف فجر التاريخ النووي الكوري موثقة توثيقاً جيداً في سلسلة من المطبوعات والكتب، مثل **التاريخ التأسيسي لحلقات القصة النووية الكورية**، من تأليف بارك إك-سو (1924-2006)، الذي عمل في وقت لاحق مستشاراً علمياً للرئيس كيم داي-جونغ.[3]

كانت مفاجأة سارة لي أن أكتشف جهداً شخصياً بذله الرئيس العجوز سينغمان ليفهم بالتحديد ما يمكن أن تقدمه التكنولوجيا النووية الجديدة لكوريا الجنوبية في خمسينيات القرن العشرين. ويبدو أن الرئيس تلقّى إحاطة تنويرية من مصادر متعددة تفيد بأن الطاقة النووية يمكن أن توفر الكثير من العجائب، إلى جانب القنبلة النووية، وكان يريد أن يعرف بالضبط ما يمكن أن تقدّمه الطاقة النووية لكوريا الجنوبية؛ ففي عام 1958 أُوفد تشونغ راك-إيون، مدير معهد بحوث الدفاع في سيول، في جولة تقنية لمدة أربعة أشهر شملت الولايات المتحدة وأوربا ومؤتمر الوكالة الدولية للطاقة الذرية المنعقد في جنيف، للحصول على أحدث المعلومات حول تطورات محطات الطاقة النووية، وذلك بزيارة كالدر هول في المملكة المتحدة، وميناء الشحن البحري في الولايات المتحدة. وكان تشونغ صديقاً مقرباً للرئيس سينغمان ومؤتمناً على أسراره في مجال العلوم والتكنولوجيا، وهو خريج قسم الهندسة الكهربائية في معهد طوكيو للتكنولوجيا خلال الحقبة الاستعمارية. أعد تشونغ تقريراً عن رحلته يحلل تكنولوجيات محطات الطاقة النووية في خمسينيات القرن الماضي. وباختصار، قدم تشونغ تقريراً للرئيس ذكر فيه أن استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء كان أكثر جوانب الطاقة النووية جاذبية لأي دولة تعاني نقصاً حاداً في الكهرباء، مثل كوريا الجنوبية. كما ترك تشونغ مذكرات شخصية حول الإحاطة التنويرية التي قدمها للرئيس بعد تلك الرحلة، وكان مقتنعاً بأن الرئيس العجوز

متحمساً لإمكانات إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية أكثر من تحمسه لأي من التطبيقات الأخرى الممكنة. وقد ثبت بوضوح أن إنشاء معهد بحوث الطاقة الذرية الجديد بمفاعله البحثي الأول (مفاعل التدريب في مجال بحوث النظائر، تريغا) في عام 1959 قد تم بعد بضعة أشهر فقط من تاريخ تسلُّم الرئيس لتقرير تشونغ عن تلك الرحلة. والأمر الأبرز هو أن الرئيس العجوز سينغمان كان يمتلك الرؤية لقيادة كوريا الجنوبية إلى رحاب الطاقة النووية منذ البداية، من خلال جمع المعلومات من مصادر موثوق بها. والآن يبلغ عُمر تشونغ 94 عاماً، وربما يكون أكبر مُعمِّر يعيش اليوم في كوريا، وكان على دراية تقنية كافية في مجال محطات الطاقة النووية ليغرس بذرة الأمل في بلد دمرته الحرب الكورية.[4]

دراسة الجدوى الأولى

كان البرنامج الخماسي للتنمية الاقتصادية الموجّه للتصدير، والتحضير لإدخال أول محطة طاقة نووية في كوريا الجنوبية يسيران على قدم وساق عندما حدثت أزمة النفط الأولى في عام 1973. وتم تشكيل لجنة للبحث في الطاقة النووية لأول مرة في عام 1966 بمكتب الطاقة الذرية، ثم أُلحقت بوزارة العلوم والتكنولوجيا التي أنشئت حديثاً، وذلك للشروع في إجراء دراسة جدوى تتضمن المواقع المقترحة لمحطات الطاقة النووية. وبمساعدة فنية من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تم اختيار موقع «كوري» شمال مدينة بوسان على الساحل الشرقي ليكون أول موقع لمحطة طاقة نووية بين 14 موقعاً مقترحاً. ثم أنشئت شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو) في عام 1968 لتصبح المؤسسة الرائدة في تخطيط نظم الطاقة الجديدة، وإنشائها، وتشغيلها على أساس تجاري محض. وكان ذلك يتناقض بشكل مباشر مع خطة مكتب الطاقة الذرية الأصلية التي كانت ترمي إلى إنشاء شركة حكومية منفصلة مكرّسة فقط لتطوير الطاقة النووية، على غرار شركة الطاقة الذرية الكندية المحدودة. وبالفعل، كانت كوريا الجنوبية في أواخر ستينيات القرن العشرين مستعدة تماماً لإطلاق برنامج رائد للطاقة النووية بعد اختيار أول موقع لمحطة طاقة نووية في «كوري». وكانت الخطوة التالية هي اختيار نوع المفاعل، وحجم الوحدة.

أُجريت في عام 1966 أول دراسة جدوى تقنية محلية لإدخال الطاقة النووية، وقد أجراها الأعضاء المؤسسون للطاقة النووية في كل من معهد بحوث الطاقة الذرية وشركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو)، برئاسة لي كوان، الذي كان وقتها رئيس قسم هندسة المفاعلات في معهد بحوث الطاقة الذرية (ثم عمل في وقت لاحق وزيراً للعلوم والتكنولوجيا). وقد خرجت الدراسة بالاستنتاجات الرئيسية التالية:

- يمكن لكوريا الجنوبية أن تنشئ محطتها النووية الأولى لتوليد الطاقة في منتصف سبعينيات القرن العشرين، بناءً على توقعات التنمية الاقتصادية.
- يمكن أن تكون محطة الطاقة النووية الأولى من نوع مفاعل الماء المغلي ومفاعل الماء المضغوط من الولايات المتحدة، ومن الحجم الذي ينتج 500 ميغاواط من الكهرباء.
- قُدِّرت التكلفة الرأسمالية للبناء بنحو 100 مليون دولار، ويتطلّب ذلك تقديم طلب لقرض بحلول عام 1968.[5]

بعد عام من ذلك، أصدرت شركة استشارات أجنبية، بيرنز آند رو Burns & Roe، وهي شركة متخصصة في الهندسة المعمارية بالولايات المتحدة، دراسة جدوى باللغة الإنجليزية. وقد تناولت تلك الدراسة مواضيع ومجالات شتى ضرورية لأي دولة جديدة في قطاع الطاقة النووية، وكانت الدراسة شبيهة بـ«وثيقة المعالم الرئيسية» Milestone Document الحالية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وكانت الاستنتاجات الرئيسية هي:

- تستطيع كوريا الجنوبية الشروع في إنشاء محطتها النووية الأولى بناءً على توقعات التنمية الاقتصادية.
- تم اقتراح ثلاثة أنواع مختلفة من مفاعلات الطاقة لكوريا الجنوبية، دون إعطاء أفضلية قوية لأي منها على الآخر، وهي: مفاعلات الماء المضغوط، ومفاعلات الماء المغلي، والمفاعلات المتقدّمة المبرَّدة بالغاز. كما تم النظر في نوعين آخرين من المفاعلات، هما:

المفاعل العالي الحرارة المبرّد بالغاز، الذي طورته شركة جنرال أتوميكس الأمريكية، والمفاعل الكندي العامل بالديوتريوم-اليورانيوم (كاندو)، الذي طورته شركة الطاقة الذرية الكندية. وخلُص التقرير إلى أن هذين النوعين الأخيرين ينبغي استبعادهما، نظراً لعدم الانتشار التجاري للمفاعل العالي الحرارة المبرّد بالغاز ولنقص الماء الثقيل الذي يتطلبه مفاعل «كاندو».

- يمكن أن يكون الحجم الأمثل لمحطة الطاقة النووية الأولى من الفئة التي قدرتها 500 ميغاواط من الكهرباء.
- كان موقع «كوري» هو الموقع المقترح الأفضل لإنشاء المحطة النووية الأولى لتوليد الطاقة.

(تم نقل الموقع الصحيح لبناء المفاعل من موقع الخليج الداخلي إلى تخوم قرية «كوري»، كما اقترحت دراسة مكتب الطاقة الذرية).

خيار مفاعلات الماء المضغوط

لا أحد تقريباً من العاملين اليوم في مجال الصناعة النووية يجادل في حقيقة أن مفاعل الماء المضغوط PWR هو النوع الوحيد الأشهر بين جميع أنواع المفاعلات في العالم اليوم. وتمثل مفاعلات الماء المضغوط أكثر من 60 في المئة من إجمالي وحدات مفاعلات الطاقة النووية العاملة اليوم، والتي يبلغ عددها 437 وحدة. والأمر الأكثر إثارة للإعجاب هو إحصاءات محطات الطاقة النووية الجديدة قيد الإنشاء، حيث نجد أن 84 في المئة (47 وحدة من إجمالي 56 وحدة) من مجموع محطات الطاقة الجديدة في العالم هي من نوع مفاعلات الماء المضغوط. وهذا يدل على الاتجاه المستقبلي لسوق الطاقة النووية العالمية. ومن بين الشركات الست المجدية تجارياً المورِّدة للمفاعلات النووية اليوم، هناك خمس شركات تسوّق مفاعلات الماء المضغوط فقط، وهي: أفيرا الفرنسية، ووستنجهاوس الأمريكية/ اليابان (مفاعل AP1000)، وروساتوم الروسية، وميتسوبيشي اليابانية،

وكيبكو الكورية الجنوبية (مفاعل APR1400). وعندما تم تطوير الجيل الأول من محطات الطاقة النووية في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، تسنّمت المملكة المتحدة والولايات المتحدة ريادة عالم الطاقة النووية الجديد بتطوير أنواع عديدة من المفاعلات. وكانت بريطانيا هي الدولة الأولى التي طبقت المبدأ التجاري بمفاعلها المبرّد بالغاز، من طراز ماغنوكس Magnox، في كالدر هول، والذي أصبح لاحقاً المفاعل المتقدّم المبرَّد بالغاز AGR. في حين أن العلماء الأمريكيين في مشروع مانهاتن وبرنامج الغواصات النووية مضوا قدُماً في تطوير مفاعلات من نوع مفاعلات الماء المضغوط (من خلال شركة وستنجهاوس، وشركة كومبسشن إنجنيرينغ، وشركة بابكوك وويلكوكس) ومن نوع مفاعلات الماء المغلي (من خلال شركة جنرال إلكتريك). وفي أواخر ستينيات القرن العشرين، كان عدد المفاعلات النووية من طراز مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء المغلي والمفاعلات المبرّدة بالغاز التي يجري بناؤها وتشغيلها متساوياً تقريباً، ما يؤكد وجود منافسة صحية بين التكنولوجيات المختلفة. وبعبارة أخرى، لم يكن هناك نوع من المفاعلات مهيمناً هيمنة واضحة وصريحة في ذلك الوقت. بعد ذلك، اجتازت صناعات الطاقة النووية العالمية دورات الازدهار والكساد خلال نصف القرن الأخير من «العصر المظلم» إلى أن دخلت مرحلة النهضة أخيراً. ولابد من أن طراز مفاعل الماء المضغوط قد صمد في معركة البقاء للأقوى، بفضل ما يتميز به من سلامة ومزايا اقتصادية.

إن اختيار نوع المفاعل الأول لوحدة كوري 1 ليكون مفاعل الماء المضغوط، بدلاً من مفاعل الماء المغلي أو المفاعل المتقدّم المبرَّد بالغاز، لم يكن من قبيل الصدفة. واستناداً إلى ما كانت عليه السوق النووية الدولية في ذلك الوقت الذي تم فيه اتخاذ القرار بإنشاء وحدة كوري 1 في نهاية ستينيات القرن العشرين، قد يستنتج المرء أنه من باب الحظ المحض أن تكون مفاعلات الطاقة النووية الكورية جميعها من نوع مفاعلات الماء المضغوط، باستثناء أربع وحدات من نوع «كاندو» في ولسونغ. غير أن الفحص المتعمق لعملية صنع القرار أظهر عكس ذلك. فقد كانت أنواع المفاعلات الثلاثة المختلفة –مفاعلات الماء المضغوط، ومفاعلات الماء المغلي، والمفاعلات المتقدّمة المبرَّدة بالغاز– على القدر نفسه من النجاح

التجاري، تقريباً، في السوق العالمية في تلك الأيام، وقد انقسم المجتمع النووي الكوري بين خيار المفاعل المتقدم المبرد بالغاز (البريطاني) وخيار مفاعل الماء المضغوط أو مفاعل الماء المغلي (الأمريكي). ولم يكن هناك سوى عدد قليل من مفاعلات الطاقة التي تعمل تجارياً على الصعيد العالمي ليتمكن المرء من استخلاص أي اتجاهات محددة أو إحصاءات للأداء. وفي العموم، ربما يكون المتخصصون النوويون الذين تلقوا تدريبهم في الولايات المتحدة قد مالوا إلى اختيار المفاعلات الأمريكية (مفاعلات الماء المضغوط أو مفاعلات الماء المغلي)، في حين مال من تدرب منهم في بريطانيا إلى اختيار النوع البريطاني (المفاعل المتقدم المبرد بالغاز). وفي هذا المنعطف الحرج، كان أحد مهندسي الشركة الكورية للكهرباء قد تلقى تدريباً كافياً في مجال الطاقة النووية، وكان يمتلك الشجاعة الكافية للإفصاح عن رأيه دون تردد؛ إنه كيم تشونغ-جو (1921-1993)، الذي تدَّرب في معمل هارويل النووي في المملكة المتحدة عام 1959، وتلقّى تعليمه في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا بقسم الهندسة، وقدم مساهمة ظلت باقية في مسيرة الطاقة النووية الكورية.

انضم كيم إلى الشركة الكورية للكهرباء في عام 1952 كمهندس كهربائي شاب، عندما كانت البلاد لم تزل في حالة فوضى في أثناء الحرب الكورية، وترقى إلى منصب نائب رئيس الشركة في عام 1964 وهو في العقد الخامس من عمره، ثم أصبح النائب التنفيذي للرئيس في عام 1972 (عمل كيم لاحقاً نائباً لرئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، فكان بذلك أول شخص يشغل منصب نائب الرئيس في المؤسستين). لقد كان كيم يحظى باحترام كبير بين التكنوقراط وكبار مسؤولي الحكومة الكورية على حد سواء. وإدراكاً لأهمية اختيار نوع المفاعل المناسب لأول محطة طاقة نووية في كوريا، قام وزير إعادة الإعمار (الهيئة السابقة لمجلس التخطيط الاقتصادي) تاي وان-سون بتكليف كيم في عام 1968 بإعداد دراسة جدوى تقنية تركز على نوع المفاعل المناسب لكوريا الجنوبية. فأوصى كيم باختيار أنواع المفاعلات الأمريكية (مفضلاً مفاعل الماء المضغوط)، بدلاً من النوع البريطاني، وذلك بناءً على المزايا التقنية وخصائص تصميم المفاعل. لقد كان كيم الشخص التقني الرفيع المستوى الوحيد في كوريا الذي لديه معرفة كافية بالطاقة النووية في ذلك

الوقت.[6] وللأسف، لا يمكن اليوم العثور على نسخة من دراسة الجدوى التي أعدها كيم. ومع ذلك، فقد حالفني الحظ في اكتشاف سيرة ذاتية لكيم تشونغ-جو نشرتها أسرته بعد وفاته. وكانت تلك السيرة الذاتية مبنية على مذكرات كيم الشخصية التي دوّنها خلال خمسين عاماً، فقد كان حافظاً دقيقاً لسجلات الأحداث، وتدوين مشاعره الشخصية. ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ تعليقاته في مذكراته الشخصية لعام 1959 عندما أُرسِل لتلقي التدريب كمهندس طاقة نووية في معمل هارويل النووي ومحطة كالدر هول النووية في المملكة المتحدة. فقد كتب:

«عندما زرتُ كالدر هول وسألتُ المشغّل عن عدد العاملين في المحطة، قال لي: "لا"، فحتى هذه المعلومة البسيطة تُصنّف على أنها "سرية". بدأتُ أتساءل: كيف يمكن لهذه التكنولوجيا أن تكون مفيدة في مجال الطاقة النووية التجارية إذا كان معظمها محاطاً بالسرية؟ لقد ساورتني شكوك بأن تكنولوجيا الطاقة النووية في بريطانيا لديها استخدام مزدوج لإنتاج البلوتونيوم للأسلحة إلى جانب إنتاج الكهرباء. وكما اتضح، فقد حظرت الحكومة البريطانية لاحقاً تصدير أي مفاعل من مفاعلاتها المتقدمة المبرّدة بالغاز، ثم حوّلت محطات الطاقة النووية المحلية في بريطانيا إلى نوع مفاعلات الماء المضغوط».

فضلاً عن معرفة كيم بالتلوث الإشعاعي الكامن في تصميم مفاعل الماء المغلي، فلابد من أن هذا الحدث قد أكسبه فهماً أعمق وقدرة حدس لكي يعطي أولوية أعلى لمفاعلات الماء المضغوط مقارنة بالمفاعلات المتقدمة المبرَّدة بالغاز ومفاعلات الماء المغلي في توصيته لاختيار مفاعل كوري 1.[7]

وفي عام 1968 أُرسِلت أول دعوة لتقديم عطاء إلى شركتين أمريكيتين تصنّعان مفاعلات الماء المضغوط (وستنجهاوس، وكومبسشن إنجنيرينغ)، وشركة أمريكية واحدة متخصصة في تصنيع مفاعلات الماء المغلي (جنرال إلكتريك)، وشركة بريطانية واحدة تعمل في تصنيع المفاعلات المتقدمة المبرّدة بالغاز (شركة الصادرات النووية البريطانية)، بطريقة التعاقد وفق مبدأ تسليم المفتاح، مع شرط توفير التمويل الكامل. كان الاتحاد السوفيتي أيضاً يبيع مفاعلات الماء المضغوط، لكنه استُبعد من الدعوة لتقديم العطاء

بسبب ظروف الحرب الباردة. فازت شركة وستنجهاوس بالعطاء، ومعها شركة الكهرباء الإنجليزية وشركة جورج ويمبي من المملكة المتحدة. وقد قامت شركة كومبسشن إنجنيرينغ بأول محاولة لدخول السوق النووية الكورية منذ بدايات وحدة كوري 1، لكنها لم تنجح. كان اختيار شركة وستنجهاوس مبنياً على شروط التمويل الأكثر ملاءمة وليس على الجدارة التقنية. ولاشك في أن النسخة الإنجليزية من تقرير شركة بيرنز آند رو كانت شرطاً أساسياً لطلب القرض من بنك التصدير والاستيراد الأمريكي لتمويل المشروع.[8] كان كيم داك-سيونغ أول رئيس لقسم الطاقة النووية بمكتب الطاقة الذرية، وقد استرجع ذكرى تلك السنوات الأولى، فقال:

«عندما أقارن ما خططنا له في ستينيات القرن العشرين بما أنجزناه بحلول عام 2010، تغمرني الدهشة من درجة تطابق تنبؤاتنا منذ نصف قرن مضى مع الواقع الفعلي الراهن».[9]

امتلاك مفاعلات كاندو

تعد كوريا الجنوبية اليوم الدولة الوحيدة، عدا الصين، التي تمتلك نوعين مختلفين من مفاعلات الطاقة النووية التجارية: نوع مفاعل الماء المضغوط (فئة مفاعلات الماء الخفيف)، ونوع مفاعل كاندو (فئة مفاعلات الماء الثقيل). وفي حين أن 21 وحدة من مفاعلات الماء المضغوط تعمل اليوم في كوريا الجنوبية، ويجري بناء المزيد من مفاعلات الماء المضغوط لتشغيلها في المستقبل في أربعة مواقع نووية (كوري، ويونغوانغ، وأُلتشين، وولسونغ)، فإن محطات مفاعلات كاندو محصورة في موقع ولسونغ، حيث توجد أربع وحدات عاملة فقط. وهذه هي محصلة توحيد المعايير في بداية ثمانينيات القرن العشرين، عندما حددت الدولة استراتيجيتها بشأن المفاعلات النووية، حيث قررت امتلاك مفاعلات ماء مضغوط كنوع أساسي لمفاعلاتها، بينما اختارت أن تكون مفاعلات كاندو نوعاً تكميلياً. وفي نهاية سبعينيات القرن العشرين، كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يعمل على تنفيذ خطة ضخمة لمفاعلات الماء الثقيل نتجت عنها دراسة جدوى تقنية مشتركة أعدها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الطاقة الذرية الكندية.

وقد أوصت تلك الدراسة بتشييد أربع وحدات من نـوع مفـاعلات كانـدو (بقـدرة 900 ميغاواط من الكهرباء) مع نقل كامل للتكنولوجيـا (يرجـى الرجـوع إلى جـزء «العقـدان الأولان» في الفصل الأول في هذا الكتاب). وتم تخفيض هذا الاقـتراح لاحقـاً إلى تـشييد أربع وحدات كاندو (بقدرة 600 ميغاواط من الكهرباء) في موقع ولـسونغ في تـسعينيات القرن العشرين، وذلك لأن الأولوية التي وضـعتها الدولـة هـي ترسيخ الاعـتماد الـذاتي التقني في مجال نقل تكنولوجيا مفاعلات الماء المـضغوط بالتعـاون مـع شركـة كومبسـشن إنجنيرينغ في عام 1986. ومع ذلك، فإن مفاعلات كاندو النووية الأربعة في ولسونغ تمثـل أكبر محطة لمفاعلات كاندو التـي تعمـل خـارج كنـدا (الـدول الأخـرى التـي اسـتوردت مفاعلات كاندو هي: الأرجنتين، ورومانيا، والصين، والهند، وباكستان).

نبع الاهتمام بمفاعلات الماء الثقيل من المبادئ الأساسية لفيزياء النيوترونات، وذلك للاستفادة من المواد الانشطارية المتبقية من الوقود المستنفد بعد استخدامه في مفاعـل المـاء المضغوط (والذي يظل يحتوي على أكثر من 1 في المئة من مادة اليورانيوم الانـشطارية U - 235)، والتي يمكن إعادة استخدامها كوقود جديد لمفاعل المـاء الثقيـل مـن نـوع كانـدو. ونظراً للخصائص النيوترونية التي تتميز بها أنواع مفاعلات كاندو، فإنها أكثـر قـدرة عـلى التكيُّف لحرق أنواع مختلفة من الوقود، بما في ذلك وقود اليورانيوم المخصب بنسبة قليلـة. وقد أجرى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركـة الطاقـة الذريـة الكنديـة دراسـة مشتركة في ثمانينيات القرن العشرين حـول دورة وقـود ثنائيـة لمفـاعلات المـاء المـضغوط ومفاعلات كاندو معاً، وذلك بهدف إيجاد مجال جديد لأبحاث دورة الوقود تناسب كوريا الجنوبية تحديداً، التي لديها نوعان من المفاعلات العاملة. وقد أُطلق على دورة الوقود تلك اسم «الاستخدام المباشر لوقود مفاعلات المـاء المـضغوط في مفـاعلات كانـدو»، وذلـك بإعادة تصنيع وقود مفاعلات الماء المضغوط المستنفد، دون إعادة معالجته، بطريقة مقاوِمـة للانتشار النووي ليتم تحويله إلى وقود جديد لمفاعلات كاندو. وكانت دورة الوقـود تلـك معروفة جيداً في الدوائر الأكاديميـة النوويـة، غـير أن جـدواها الاقتـصادية حالـت دون استخدامها على نطاق كامل.

نتذكر أن ثاني محطة نووية في كوريا الجنوبية كانت من نوع كاندو، وهي وحدة ولسونغ 1، وتم تشييدها بطريقة تسليم المفتاح بالتعاقد مع شركة الطاقة الذرية الكندية في بداية ثمانينيات القرن العشرين. وكان معهد بحوث الطاقة الذرية يجري تجارب حول إمكانية توطين العديد من مكونات المفاعل الرئيسية؛ مثل التجهيزات الطرفية (قطعة توضع في طرفي قنوات الوقود في وعاء كلندريا المستخدم في مفاعلات كاندو)، والوقود النووي. ونظراً لبساطة المفاعل كاندو من حيث التصميم والكميات المطلوبة للاستمرار في التزويد بالوقود أثناء التشغيل، فقد أصبح وقود اليورانيوم الطبيعي هدفاً للتوطين من قِبَل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وبحلول عام 1987 كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يقدم لشركة كيبكو كميات كافية من الوقود لإعادة تزويد وحدة ولسونغ بموجب عقد إمداد تجاري (يبلغ 100 ألف طن من الوقود الجديد سنوياً). وفي ذلك الحين، كانت جميع المؤسسات النووية في كوريا الجنوبية تمضي قدماً في تنفيذ مشاريع يونغوانغ 3 و4 وألتشين 3 و4، مع نقل كامل للتكنولوجيا من الشركاء الأمريكيين. وعندما بدأ العمل في مشروع تشييد وحدات ولسونغ 2 و3 و4 (وهي نسخة طبق الأصل لوحدة ولسونغ 1 التي تنتمي إلى نوع مفاعلات كاندو بقدرة 600 ميغاواط من الكهرباء) في عام 1990، قررت شركة كيبكو اتّباع نفس مشروع العقد الذي تم تخصيصه لمشروع ألتشين 3 و4. كان هذا يعني أن شركات مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية ستتولى المسؤوليات نفسها: شركة كيبكو تتولى الإدارة الكاملة للمشروع، والشركة الكورية لهندسة الطاقة تتولى الهندسة المعمارية، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يتولى تصميم نظم المفاعل، والشركة الكورية للصناعات الثقيلة تتولى توريد المعدات الرئيسية، وشركة الطاقة الذرية الكندية تقوم بدور المقاول الفرعي. وفي عام 1990 تم التوقيع على عقد منفصل بين معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الطاقة الذرية الكندية لنقل التكنولوجيا الخاصة بالنظام النووي للتزويد بالبخار لاستخدامها في وحدات ولسونغ 3 و4، وهي صفقة شبيهة بصفقة نقل تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط التي تمت مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ. وقد تراكمت خبرات نتيجة للعمل في مدينة وينزر بكونيتيكت (حيث يقع المقر الرئيسي لشركة كومبسشن إنجنيرينغ) خلال أنشطة التصميم

المشتركة لمفاعل الماء المضغوط وتم الاستفادة منها في تنفيذ مشروع ولسونغ، تصميم الوحدة 2، تحت مسؤولية شركة الطاقة الذرية الكندية في كندا، ثم انتقلت المسؤولية تدريجياً إلى الكوريين في الوحدات اللاحقة. إن أحد أهم جوانب هذا البرنامج هو تنفيذ مشروع مشترك لتطوير وقود لمفاعل كاندو المرن، بين معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة الطاقة الذرية الكندية، بحيث يُستغل وقود اليورانيوم المخصب بنسبة قليلة ليُستخدم في دورة الوقود المتقدمة.[10]

الفصل التاسع

توحيد المعايير والمواصفات

بعد تحديد الهدف الوطني لاستراتيجية مفاعلات الطاقة النووية وتدشين برنامج الاعتماد الذاتي واختيار شركاء نقل التكنولوجيا جاءت المهام الحقيقية؛ مهام التعلم وتطبيق التقنيات بكل جوانبها. كانت بداية بناء محطات يونغوانغ 3 و4 في عام 1987 إيذاناً بعهد جديد، ليس للمؤسسات الكورية ذات الصلة فحسب، بل للمشهد النووي العالمي أيضاً. لقد كانت برامج الطاقة النووية في الولايات المتحدة وأوربا على وشك الدخول في عصر مظلم بعد حادث تشرنوبل، حيث تقرر إيقاف وتقليل جميع مشاريع الطاقة النووية خلال ربع القرن المقبل. وربما كانت كوريا الجنوبية هي الاستثناء الوحيد (وبدرجة أقل اليابان وفرنسا). واتضح أن النعمة الحقيقية لكوريا الجنوبية هي التعلم وإتقان تكنولوجيات مفاعلات الطاقة النووية من خلال مشاريع الإنشاء المتكررة. فبعد إنشاء محطات يونغوانغ 3 و4، تم إنشاء عشر محطات أخرى على غرار محطة الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة (وحدات/ محطات من مفاعلَين): ألتشين 3 و4، ويونغوانغ 5 و6، وألتشين 5 و6، وشين-كوري 1 و2، وشين-ولسونغ 1 و2. لقد تراكمت خبرة لا تقدر بثمن في إتقان التصميم وتحسينه، وفي الدراية بالتصنيع والتشييد. ثم بدأ العمل في بناء محطتين نوويتين أخريين متطابقتين (الإشارة هنا إلى محطة ألتشين 3 و4) في موقع كومهو بكوريا الشمالية في عام 2000 تنفيذاً لـ«اتفاق الإطار»، ولكنهما أُوقفتا لاحقاً في عام 2006 بعد إنجاز حوالي 30 في المئة من البناء. (هذا الموضوع تم تناوله في الجزء الأخير من الفصل السابع).

مَن قال إن المرء يمكن تدريسه المعرفة التقنية know-hows فقط، وليس معرفة الأسباب والمبررات know-whys؟ ففي تلك المجموعة من الأنشطة العالية التعقد

والضبط المطلوب إنجازها لمحطة الطاقة النووية، والتي يشارك فيها عدد كبير من المؤسسات في كوريا والولايات المتحدة، كان الهدف الأول هو تعلّم كيفية نقل التكنولوجيا بدقة من شركائنا في الولايات المتحدة. هذا يعني بالأساس تعلم نقل عمليات التصنيع والتصميم المستخدمة في محطات الطاقة النووية القائمة. ولم تكن قيود الجدول الزمني تسمح بطرح السؤال: «لماذا تفعلون هذا بالطريقة التي تفعلونه بها؟» وفي واقع الأمر، كان نظام تصميم مشروع يونغوانغ 3 و4 معقداً بما يكفي لتقليص قدرته الكهربائية إلى 1000 ميغاواط بدلاً من 1300 ميغاواط المثْبتة في تصميم محطات بالو فيردي للطاقة النووية بولاية أريزونا الأمريكية. لكن عندما تعلّم الكوريون كيفية نسخ التصميم والتأكد منه على نحو صحيح بعد العديد من المشاريع المتكررة، جاءت مرحلة الانتقال إلى تحسين وتعزيز سلامة محطات الطاقة النووية واقتصادياتها، دون التضحية بمزايا توحيد المعايير والمواصفات.

إن الأسئلة الطبيعية التي واجهت مصممي النظم الكوريين هي: «لماذا يكون عمر تصميم المفاعل محدوداً بأربعين عاماً؟»؛ و«لماذا لا يزيد تخصيب الوقود على 4.2 في المئة؟»؛ و«لماذا سُمك جدار وعاء المفاعل يكون 25 سنتيمتراً كحد أقصى؟»؛ و«لماذا يتطلب نظام حماية قلب المفاعل وحدة تحكم رقمي؟» لقد ظلت مثل هذه الأسئلة تثار يوماً بعد يوم دون توافر إجابة واضحة عليها. فعندما تبلغ مستوىً معيناً من المعرفة بالتكنولوجيات، يدفعك فضولك وحبك للاستطلاع إلى البحث عن معرفة الأسباب. هذه هي المكونات الأساسية للصعود من مرحلة نقل التكنولوجيا إلى القدرة الناضجة التي تسمح بتطبيق التكنولوجيا الخلاقة. وفي بعض الحالات يكون من الضروري إجراء اختبار تحقق واسع النطاق من أجل التأكد من عناصر التصميم الجوهرية. والمثال الجيد على ذلك يمكن أن يكون دورة اختبار التدفق العالي الحرارة في أثناء الحوادث الخطيرة، وهي دورة اختبار موجودة في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وتسمى «أطلس» ATLAS، وذلك للتحقق من رموز المحاكاة الحاسوبية الأصلية.

النموذج الفرنسي

المفهوم الأساسي لتوحيد المعايير والمواصفات في أي صناعة عالمية يتطلب فترة تطوير طويلة في اقتصاد سوق تنافسية. ويمكن العثور على مثال جيد في صناعة الطيران، حيث يهيمن نوعان رئيسيان من تصاميم الطائرات المدنية على السوق العالمية اليوم (شركة بوينج الأمريكية، وشركة إيرباص الأوربية) بأساطيلهما من الناقلات المصممة وفق المعايير الموحدة. وظهر هذان العملاقان بعد أن دخلت العديد من شركات تصنيع الطائرات في عمليات اندماج وتكامل إبان حقبة النمو السريع في صناعة الطيران المدني التي شهدها نصف القرن الماضي. واليوم بدأت الصناعة النووية تخرج من «العصر المظلم» الذي ساد خلال الثلاثين عاماً الماضية، بعد حادثتي جزيرة ثري مايل وتشرنوبل في ثمانينيات القرن العشرين. وبهذا، لم يكن لدى البلدان الرئيسية المصنعة للمفاعلات النووية في أمريكا وأوربا واليابان أسواق نووية ناضجة تماماً تمكنها من تطبيق التصاميم المعيارية الموحدة قبل حلول عصر الظلام؛ ففي الولايات المتحدة كانت شركات وستنجهاوس وجنرال إلكتريك وكومبسشن إنجنيرينغ هي الشركات الرئيسية المورّدة للنظام النووي للتزويد بالبخار، إضافة إلى مجموعة مختلفة مكوّنة من عديد من شركات الهندسة المعمارية؛ مثل شركة بِكتل، وشركة ستون آند وبستر، وشركة سارجنت آند لَندي، وشركة إباسكو، وشركة غيلبرت. نتيجة لذلك، لم يكن يوجد في الولايات المتحدة أي مفاعلين نوويين متطابقين في تصميمها، وكان يتم تصنيع المفاعلات عموماً بطريقة تناسب الاحتياجات المختلفة. وعلى هذا النحو، فإن فكرة بناء محطات وفقاً لمعايير موحدة كانت حلاً مثالياً في أغلب الأحوال.

وقد حقق الفرنسيون نجاحاً أكبر بكثير في أسطولهم من مفاعلات الطاقة النووية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة، بدءاً من سلسلتي CP1 وCP2، وصولاً إلى سلسلة N4. ويُعزى النجاح في ذلك، إلى حد كبير، إلى وجود شركة مرافق وحيدة (شركة كهرباء tvksh التي تمتلك قدرة هندسية معمارية)، ووجود شركة تصنيع نووي وحيدة (شركة فراماتوم

التي أصبحت تُسمّى أريفا في وقت لاحق). واليوم تمتلك فرنسا أعلى حصة في توليد الكهرباء من الطاقة النووية في العالم، ولديها نحو 60 محطة طاقة نووية توفر أكثر من 75 في المئة من مورد الكهرباء في البلاد. ويُنسب الفضل في هذا الأمر إلى السياسة الفرنسية لتوحيد المعايير والمواصفات التي حصرت النشاط في شركة مرافق واحدة، وسلسلة واحدة من الشركات المورِّدة، وإلى سياسات الطاقة الوطنية التي اعتمدتها الحكومة الفرنسية لدعم الاستقلال في مجال الطاقة من خلال الطاقة النووية. لقد أدى نجاح الفرنسيين في الداخل إلى زيادة قدرتهم التنافسية عالمياً ليصبحوا قادرين على التصدير إلى محطة كويبيرغ للطاقة النووية في جنوب أفريقيا، ومحطة خليج دايا للطاقة النووية في الصين، ومحطة ألتشين 1 و2 في كوريا الجنوبية خلال الثمانينيات والتسعينيات من القرن العشرين. وكانت البنية التحتية النووية في كوريا الجنوبية مشابهة للبنية الفرنسية إلى حد كبير (شركة مرافق واحدة، وسلسلة واحدة من الشركات المورِّدة)، فضلاً عن الدعم الحكومي القوي. لذا، كان الفرنسيون المرشح الطبيعي لوضع أسس المقارنة في كوريا عندما شرعت في دراسة سياسة توحيد المعايير والمواصفات في بداية ثمانينيات القرن العشرين.

نعمة الاتكال على الآخرين

في بداية ثمانينيات القرن العشرين كانت هناك تسع محطات طاقة نووية عاملة أو قيد التشييد (كوري1-4، وولسونغ 1، وألتشين 1 و2، ويونغوانغ 1 و2)، وكلها تمت في إطار عقود تسليم المفتاح أو بطريقة العقود المجزأة، حيث كانت الشركات الأجنبية التي تعمل في توريد النظم النووية للتزويد بالبخار والتوربينات/ المولدات هي المتعهد الرئيسي. وباستثناء محطة ولسونغ 1 (توريد شركة الطاقة الذرية الكندية) وألتشين 1 و2 (توريد فراماتوم الفرنسية)، كانت جميع الوحدات الست المتبقية من توريد شركة وستنجهاوس (محطات بدورتين في كوري 1 و2، ومحطات بثلاث دورات في كوري 3 و4، ويونغوانغ 1 و2). وكانت الوحدات الثلاث الأولى (كوري 1 و2، وولسونغ 1) أقيمت بأكملها عن

طريق التعاقد بأسلوب تسليم المفتاح، حيث كانت شركة وستنجهاوس وشركة الطاقة الذرية الكندية مسؤولتين عن البناء الشامل وضمان الأداء. أما المحتويات الكورية في هذه المشاريع فقد بقيت في المستويات الدنيا، وانحصرت في الهياكل المدنية وتدريب الموظفين المشغّلين للمحطات. ثم جاءت الوحدات الست بعد ذلك (كوري 3 و4، ويونغوانغ 1 و2، وألتشين 1 و2) بطريقة العقود المجزأة. وكانت شركة كيبكو في ذلك الوقت قد اكتسبت خبرة كافية تمكنها من تولّي الإدارة الكلية للمشاريع مباشرة باستخدام طريقة العقود المجزأة مع العديد من المقاولين الرئيسيين، بما فيهم شركة وستنجهاوس لتوريد النظام النووي للتزويد بالبخار، وشركة بِكتل للهندسة المعمارية، وشركة جنرال إلكتريك لتوريد التوربينات/ المولّدات. وقد تم اختيار وحدات كوري 3 و4 ويونغوانغ 1 و2 على نحو استراتيجي لتكون محطات نسخة طبق الأصل لمفاعلات أخرى؛ وذلك لتعزيز تراكم التكنولوجيات المحلية إلى أقصى حد: الهندسة المعمارية بواسطة شركة كيبكو، وتصنيع المعدات بواسطة الشركة الكورية للصناعات الثقيلة، وكانت كلتا الشركتين مقاولاً فرعياً لمقاول رئيسي أمريكي. لقد كانت شركة كيبكو تكتسب خبرات ثمينة في الإدارة الكلية للمشاريع، ودراية تقنية جعلتها قادرة على إنجاز أعمالها وفقاً للجدول الزمني المحدد والميزانية المرصودة دون التضحية بالجودة.

لا جدال في أن شركتي وستنجهاوس وبِكتل، المقاولين الأمريكيين الرئيسيين، هيمنتا على السوق النووية الكورية حتى منتصف ثمانينيات القرن العشرين. وكانتا عملاقتي الصناعة اللتين اشتهرتا بإملاء الشروط على زبائنهما والضغط بقوة على الحكومات المضيفة. ونتيجة لذلك، تم إعداد فنيي شركة كيبكو والشركة الكورية للصناعات الثقيلة والشركة الكورية لهندسة الطاقة ليكونوا أكثر معرفة بتكنولوجيات شركتيْ وستنجهاوس وبكتل، وكان هؤلاء ينحازون ضد تكنولوجيات المورِّدين الآخرين. وكانت أي فكرة لتحقيق الاعتماد الذاتي التقني لابد لها من أن تكون متماشية مع تكنولوجيات هاتين الشركتين وامتيازاتهما. غير أن الهيمنة على السوق النووية الكورية ربما جعلت الشركتين أكثر غطرسة وغروراً. لقد كنتُ من بين الكثيرين الذين شعروا بأن عدم

رغبة الشركتين في نقل التكنولوجيا كان مرتبطاً ارتباطاً كبيراً بعجرفتهما. وقد أدى ذلك في النهاية إلى نتائج عكسية عندما تم اختيار الفائزين بعقد مشروع يونغوانغ 3 و4، ومن ثم تَحَدَّد مستقبل السوق النووية الكورية.

ومع ذلك، من المهم أن ندرك المساهمات التي قُدمت خلال تنفيذ مشروعي كوري 3 و4 ويونغوانغ 1 و2 في إرساء أساس متين لحملة الاعتماد الذاتي الشامل في مجال التكنولوجيا في أواخر ثمانينيات القرن العشرين. ولولا هذا الإعداد السابق الذي استمر عشر سنوات، وصولاً إلى نقل التكنولوجيا لمشروع يونغوانغ 3 و4، لما تحقق الحلم الكوري بتطوير صناعة نووية قادرة على المنافسة دولياً.[1]

بدأت المشاق المتزايدة تخلق بعض التوتر في كل جوانب الصناعة النووية الكورية في أوائل ثمانينيات القرن العشرين، من شركة كيبكو إلى وزارة العلوم والتكنولوجيا المسؤولة عن الرقابة النووية والتي كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يدعمها بشدة. وكانت تلك المشاق المتزايدة ناتجة عن عملية توريد أربعة نماذج مختلفة من المفاعلات، بواسطة ثلاث شركات مختلفة تعمل في مجال توريد النظم النووية للتزويد بالبخار، من ثلاث دول مصنِّعة مختلفة. علاوة على ذلك، كانت العجرفة التي يبديها «من يملكون» التكنولوجيا ضد «من لا يملكونها» واضحة لأولئك المسؤولين عن تشغيل محطة الطاقة النووية وصيانتها. فعلى سبيل المثال، كانت استجابة المورِّدين الأجانب بجلب قطع غيار وخدمات بتكاليف معقولة وفي توقيت مناسب استجابة ضعيفة. وما جعل الموقف أكثر صعوبة هو أن شركة التوريد المسيطرة، شركة وستنجهاوس، اتبعت أسلوباً متعجرفاً وغير متعاون في مسألة نقل التكنولوجيات الأكثر أهمية، ما أدى إلى اعتماد دائم على الشركة. وكان مسؤولو شركة وستنجهاوس ماهرين في ممارسة الضغط السياسي من أجل الحفاظ على هيمنتهم في كوريا، لكنهم بخلاء عن تقديم الدعم لجهود الاعتماد الذاتي التقني المحلي، إما برفضهم توفير التكنولوجيا الضرورية عندما تُطلب منهم، أو بطلبهم أسعاراً باهظة في المقابل. إن اهتمام شركة وستنجهاوس بموضوع السرية قد يكون نابعاً من أصولها النووية البحرية

باعتبارها أحد متعهدي الدفاع. ومع ذلك، كان مفهوم شركة وستنجهاوس لمفاعل الماء المضغوط التجاري نتاجاً مباشراً لنظام الدفع المستخدم في غواصات البحرية الأمريكية، بدءاً من الغواصة النووية نوتيلوس في خمسينيات القرن العشرين. وكانت عقلية الشركة تميل كثيراً إلى السرية عندما يتعلق الأمر بأي تكنولوجيات حساسة، مثلها في ذلك مثل أي متعهد دفاع. كان عدم الرضا عن شركة وستنجهاوس وغيرها من الشركات الهندسية الأجنبية، وخصوصاً شركة بكتل، يتزايد بين المؤسسات التقنية الكورية عندما أجرى البنك الدولي للإنشاء والتعمير (الذي قدم بعض الترتيبات لتوفير قرض لتمويل محطة الطاقة النووية الجديدة في ثمانينيات القرن العشرين) دراسة أعدها سولومون ليفي في عام 1982 عن برنامج محطات الطاقة النووية الكورية.

أصدر وزير الطاقة والموارد، سوه سانغ-تشول، قراراً جريئاً لتصحيح الدروس المستفادة استجابةً لتقرير ليفي، وأدى ذلك القرار إلى اعتماد سياسة توحيد المعايير والمواصفات في محطات الطاقة النووية، بدءاً من الوحدات النووية التالية التي سيتم بناؤها ضمن مشروع محطات يونغوانغ 3 و4. وباختصار، تم اعتماد السياسة التي بموجبها ستكون جميع محطات الطاقة النووية الكورية في المستقبل قائمة على تصميم معياري موحد، وسيتم اختيار المؤسسات النووية المحلية لتقوم بدور المتعهدين الرئيسيين من أجل بلوغ الاعتماد الذاتي التقني من خلال اتفاقات الترخيص بنقل التكنولوجيا؛ ومن ثم سترتفع مستويات السلامة والقدرة التنافسية الاقتصادية في نهاية المطاف. وهكذا بدأت حملة التكنولوجيا المحلية لمحطات الطاقة النووية في عام 1982، وأطلقت الحكومة الكورية سياسة توحيد المعايير، بعد الدروس الصعبة المستفادة خلال العقد السابق. وكان الدافع سائداً بين المؤسسات الكورية للتخلص من العبودية التقنية في مجال تكنولوجيات تصميم قلب المفاعل النووي، وتصنيعه، وتشغيله، وصيانته. وثمة منهج ثوري جديد في بناء محطات الطاقة النووية كان على وشك أن يُكشف عنه النقاب مع بداية المشروع التالي؛ مشروع يونغوانغ 3 و4.[2]

توصيات محطات الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة

في عام 1986 اكتملت دراسة توحيد المعايير المواصفات المكونة من ثلاث مراحل، وأوصت بإنشاء مفاعل ماء مضغوط بقدرة 1000 ميغاواط من الكهرباء ليكون النموذج الأساسي لمحطات الطاقة النووية، ومفاعل ماء ثقيل مضغوط بقدرة 600 ميغاواط من الكهرباء ليكون النموذج التكميلي. وأوصت الدراسة باعتماد هذين النموذجين باعتبارهما المعيار لمحطات الطاقة النووية الكورية (محطات الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة). وقدمت الدراسة أيضاً قائمة من التحسينات في التصميم التي يجب إدخالها في التصميم المعياري المرجعي لمحطات الطاقة النووية الكورية. في ذلك الوقت كانت كوريا الجنوبية تمتلك بالفعل محطات نووية عاملة أو تحت التشييد. وكان من المتوقع أن يتغلب التصميم المعياري على الصعوبات الحالية المتمثلة في تعدد المعايير التنظيمية والرقابية، وتصاعد تكاليف تصنيع المعدات، وعدم تطابق قطع الغيار، ومجمل العيوب التي شابت جهود التوطين المحلية. علاوة على ذلك، استُخدمت بعض نتائج الدراسة في تحضير وثائق الدعوة للمناقصات العالمية لمشروع يوانغوانغ 3 و4. كما حددت الدراسة أربعة مجالات رئيسية في تكنولوجيا محطات الطاقة النووية التي تحتاج كوريا الجنوبية إلى تعزيزها، وهي:

- هندسة معمار المحطات النووية.
- تصميم نظم المفاعلات (بما في ذلك تصميم الوقود، والتصميم الأساسي).
- تصميم أجزاء المعدات وتصنيعها (المفاعلات، والتوربينات/ المولدات).
- تصنيع الوقود النووي.

وباسترجاع ما حدث، وخلال دراسة توحيد المعايير في بداية ثمانينيات القرن العشرين، كان هناك إدراك لأهمية تصميم نظام المفاعل النووي (النظام النووي للتزويد بالبخار) في تحديد الإطار الأساسي لتكنولوجيا محطات الطاقة النووية. فمن يتحكم في

معرفة تصميم النظام لابد من أن يكون مالكاً لأعلى مستويات تكنولوجيا مفاعلات الطاقة النووية، وهو الأكثر أهمية كمورّد نووي حقيقي.

وتحت قيادة وزارة الطاقة والموارد القوية (بموظفيها الملتزمين مثل كيم سي-جونغ، مدير الطاقة النووية)، تم تشكيل مجموعة لدراسة توحيد المعايير والمواصفات تضم ممثلين عن شركة كيبكو والشركة الكورية لهندسة الطاقة ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، حيث قامت المجموعة بصياغة الاستنتاجات والتوصيات للمرحلة الأولى من الدراسة. لقد تخرج كيم في جامعة سيول الوطنية، قسم الهندسية الكهربائية، وكان أحد المهندسين الرئيسيين في صياغة سياسات الطاقة النووية الحكومية في ثمانينيات القرن العشرين. وفي وقت لاحق أصبح مساعد وزير العلوم والتكنولوجيا للشؤون النووية، ليكون بذلك الشخص المدني الوحيد الذي خدم في وزارة الطاقة والموارد ووزارة العلوم والتكنولوجيا معاً. أما شين جاي-إن، من شركة كيبكو (خريج معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، قسم الهندسة النووية، الذي عمل لاحقاً رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال الفترة 1994-1997) فقد كان الشخص القيادي في جهود دراسة توطين التكنولوجيا الذي قدم التوصيات التالية:[3]

- ستكون مفاعلات الماء المضغوط بقدرة 1000 ميغاواط من الكهرباء هي النموذج الرئيسي لتصميم محطات الطاقة النووية.
- ستكون مفاعلات الماء الثقيل المضغوط، من نوع كاندو، بقدرة 600 ميغاواط من الكهرباء، هي النموذج التصميمي المكمل لمحطات موقع ولسونغ.

إن اختيار نموذج مفاعل الماء المضغوط وتفضيله على النماذج الأخرى المجرَّبة، مثل مفاعل الماء المغلي والمفاعل المتقدم المبرَّد بالغاز، في أوائل ثمانينيات القرن العشرين ببساطة يعكس وضع محطات الطاقة النووية القائم في كوريا في ذلك الوقت (من بين تسع محطات طاقة نووية كانت هناك ثمانٍ من نوع مفاعلات الماء المضغوط)، لكن ذلك كان نعمة حقيقية لكوريا الجنوبية وسوق تصديرها المحتملة؛ فاليوم نحو 70 في المئة من محطات

الطاقة النووية العاملة في العالم والتي تحت التشييد، جميعها من نوع واحد: مفاعلات الماء المضغوط، إذ يهيمن هذا النوع من المفاعلات على السوق العالمية.

من المهم أن ننظر إلى ميلاد سياسة توحيد معايير محطات الطاقة النووية الكورية في بداية ثمانينيات القرن العشرين في ضوء الحقائق التالية:

- تعلّم الكوريون دروساً صعبة من أنواع المفاعلات الثلاثة المختلفة، ما يحول دون الاعتماد الذاتي التقني محلياً.
- هيمنة المورّدين الأجانب الذين قد لا يتعاونون في بناء القدرات المحلية، الأمر الذي يُعطي دافعاً قوياً للحصول على الاستقلال التقني.
- استمرار عجلة النمو الاقتصادي الكوري، وما يتطلبه ذلك من طاقة كهربائية هائلة، دفع إلى اعتماد برنامج طويل المدى لتوليد الطاقة النووية يهدف إلى توسيع أسطول مفاعلات الطاقة النووية في المستقبل.
- إدراك الحاجة إلى إطلاق حملة الاعتماد الذاتي التقني بنقل التكنولوجيا الأجنبية تحت أي ظرف، من أجل بناء المؤسسات النووية المحلية.
- التعزيز الشامل لاقتصاديات محطات الطاقة النووية، من حيث القدرة الإدارية في مشاريع الإنشاء، وتوحيد معايير التصميم، وتحسين القدرة العملياتية، وتحسين شروط التراخيص الممنوحة للرقابة على السلامة النووية.[4]

وبذلك دخل مشروع توحيد المعايير مرحلة التنفيذ الشامل من أجل إنجازه وفقاً للجدول الزمني المحدد، وكذلك من أجل نقل التكنولوجيا من الشركاء الأمريكيين في مشروع يونغوانغ 3 و4: كومبسشن إنجنيرينغ، وسارجنت آند لندي، وجنرال إلكتريك. وكانت بداية صعبة، لأن الشركات الكورية الخمس المشاركة والشركات الأمريكية الثلاث لم يحدث أن عملت معاً من قبل. وفي واقع الأمر، لم يحدث من قبل أن صممت

شركة سارجنت آند لندي مبنى يضم أحد مفاعلات كومبسشن إنجنيرينغ. كانت شركة كيبكو تدعو إلى عقد اجتماعات منتظمة لمراجعة المشاريع للوقوف على سير التقدم. وبالإضافة إلى ذلك، كان مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية ينظم حلقات عمل بانتظام خلال الفترة 1985-1995 لإجراء مناقشات متعمقة حول التفاصيل التقنية المتعلقة بالعديد من القضايا الناجمة عن تشييد محطات الطاقة النووية وفقاً لنهج محلي. ولم يحدث من قبل أن اجتمعت هذه العقول التقنية في كوريا من أجل بلوغ الهدف الوطني المتمثل في تحقيق الاعتماد الذاتي التقني في إنشاء المفاعلات النووية. وأقيمت الورش وحلقات العمل بالتناوب بين المعاهد، وكانت المعاهد المضيفة تطرح المواضيع المركزية المراد مناقشتها، وعادة ما تقام هذه الورش في موقع المعهد المضيف في تشانغوون أو دايجون أو المنتجعات التابعة للشركات. وقد عقد مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية 33 ورشة عمل خلال عشر سنوات، وكانت كل ورشة عمل تتضمن عروضاً توضيحية ومناقشات تستمر لمدة يومين ويشارك فيها أكثر من 100 مشارك. ولعب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري دور السكرتارية في تخطيط ورش العمل وتوثيق وقائعها. وكانت المواضيع المعتادة التي تتضمنها ورش العمل هي:

- استراتيجية الاعتماد الذاتي التقني، ومدى التقدم في تحقيقه في مجال محطات الطاقة النووية.
- استراتيجية توحيد معايير محطات الطاقة النووية، ومدى التقدم في تحقيقه.
- توطين مكونات محطات الطاقة النووية والوقود النووي.
- معالجة النفايات الإشعاعية والتخلص منها.
- تعزيز خطة الوقاية من الإشعاع.
- توفر محطات الطاقة النووية وتعزيز قدراتها.
- تحديثات تدابير السلامة والرقابية النووية.

- القبول الشعبي للطاقة النووية.
- تصميم المفاعلات المتقدمة والتكنولوجيات الجديدة.
- التطورات الحديثة في تكنولوجيا البناء.

وبالإضافة إلى الشركات النووية الكورية الخمس الكبرى، انضمت شركات الصيانة النووية وشركات الكهرباء وشركات الغاز الطبيعي إلى مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية في السنوات اللاحقة؛ وذلك لتحقيق المزيد من التعاون بين تكنولوجيات الطاقة المحلية. وكان هذا بداية ظهور الشركات التي شكلت سلسلة التوريد النووية الكورية، وقد تدربت هذه الشركات على العمل معاً في وضع أعلى معايير الجودة والسلامة التي يجب تطبيقها على المكونات النووية والنظم. ومن خلال تكرار مشاريع البناء، ببناء 12 محطة من محطات الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة، في كوريا على مدى السنوات العشرين الماضية، توافرت الفرصة لجميع الشركات المحلية لكي تتأهل للعمل في المجال النووي في بيئة تتميز بالتنافس التجاري.

وبمجرد أن وضعت الحكومة سياستها الأساسية للطاقة النووية في عام 1982 بدأ العمل على تنفيذ النهج الجديد. وأُوكلت إلى مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية، المكون من خمسة كيانات محلية، أدوار ومسؤوليات فريدة من نوعها، كما يتضح أدناه.

شركة كيبكو: مسؤولة عن الإدارة

شركة كيبكو هي شركة الكهرباء الوحيدة في كوريا، حيث تنتج وتوزع نحو 100 في المئة من الطاقة (المائية والأحفورية والنووية) منذ عام 1948، وظلت تعتمد اعتماداً كبيراً على الخارج للحصول على معدات وتكنولوجيات توليد الطاقة، وتركز أساساً على القدرات العملياتية المحلية. وباعتبارها مورِّد كهرباء موثوقاً به في سوق محلية تشهد نمواً متسارعاً، تم الاعتراف بها كواحدة من الشركات القيادية في سوق الأوراق المالية الكورية ومنحها أعلى تصنيف ائتماني AAA. وكان النهج التقليدي المحافظ سمة ملازمة لشركة

كيبكو، وتفضل أقل المخاطر عندما يتعلق الأمر بتبنّي التكنولوجيات المحلية. كان هذا كله على وشك التغير بظهور الدور الجديد المتمثل في الإدارة الكلية لمشاريع البناء، بدءاً بمشروع يونغوانغ 3 و4. فكان هذا أول مشروع تتولى فيه شركة كيبكو مسؤولية الإدارة المباشرة، ويتولى فيه مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية دور المقاول الرئيسي، إلى جانب المورّدين الأجانب كمقاولين فرعيين. وبدأ نقل التكنولوجيا على نطاق واسع للمرة الأولى بين المتعاقدين الرئيسيين/ الفرعيين تحت إشراف كامل من شركة كيبكو. إضافة إلى ذلك، كانت شركة كيبكو هي المموِّل الوحيد لعقود بناء مشروع يونغوانغ 3 و4 وعقود نقل التكنولوجيا المطلوبة له. وفي عام 2000 أُعيدت هيكلة شركة كيبكو بتجزئتها إلى ست شركات لتوليد الطاقة تغطي مختلف مناطق البلاد، لكن توليد الطاقة المائية والنووية استمر تحت شركة واحدة: الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية، وهي شركة فرعية مملوكة بالكامل لشركة كيبكو.

منذ عام 1982 قامت كيبكو بالدور الريادي المحوري في دمج جميع شركات مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية وتوجيهها نحو مهمة واحدة، وهي تنفيذ حملة الاعتماد الذاتي التقني في مجال محطات الطاقة النووية، بفريق إدارة المشاريع القوي والمتفاني الذي لديها. ومن بين الموظفين الرئيسيين في شركة كيبكو: الرئيس بارك جونج-كي، يسانده نائب الرئيس ريه تشونغ-هون ووليم هان-كواي (العضو المنتدب للمشاريع الجديدة والمسؤول عن اختيار الفائز في عطاء مشروع يونغوانغ 3 و4)، وشيم تشانغ-ساينغ (العضو المنتدب لتشييد المنشآت النووية ومسؤول عن التفاوض على العقود وتنفيذها)، وبارك يونغ-تايك (المعروف باسم «YT»، مدير مشروع يونغوانغ 3 و4). وكان بارك المسؤول المباشر إلى حد بعيد عن نجاح مشروع يونغوانغ 3 و4 (تخرج في جامعة سيول الوطنية، قسم الهندسة الميكانيكية، وعمل مديراً لشركة كيبكو في وقت لاحق). وكانت أشهر ميزاته هي اتخاذ القرارات في الوقت المناسب، والدفع بقوة للمضي في إنتاج مخرجات عالية الجودة. ويستذكر بارك دوره كمدير للمشروع، بالقول: «لابد أنني كنت الرجل الأكثر حظاً في العالم لكوني توليت إدارة أهم مشروع محطة طاقة نووية في كوريا. كنت

أعلم أن عليَّ أن أدفع كل واحد لكي يتعلم العمل مع الآخرين، حيث لم تكن لديهم تجارب في العمل معاً. وكانت مهمتي هي إصدار قرارات في الوقت المناسب والتأكد من أن الجميع مواكب لكل تفاصيل العمل». كان مشروع يونغوانغ 3 و4 أكبر مشروع بناء في تاريخ كوريا الجنوبية في ذلك الوقت، حيث بلغت تكلفته الإجمالية أكثر من أربعة مليارات دولار، بما في ذلك تكلفة نقل التكنولوجيا التي بلغت 600 مليون دولار.

أنجز بارك المشروع في وقته المحدد وفي حدود الميزانية الموضوعة له وبجودة عالية، إذ كان مدير المشروع بشركة كيبكو طوال فترة تنفيذ المشروع (عمل مديراً لموقع يونغوانغ خلال 1994-1995 ليشهد شخصياً المرحلة النهائية لتجهيز مشروع يونغوانغ 3 و4 وتشغيله).[5]

الشركة الكورية لهندسة الطاقة: مسؤولة عن التصميم

الشركة الكورية لهندسة الطاقة «كوبيك» KOPEC هي الشركة الوحيدة العاملة في الهندسة المعمارية للمنشآت النووية في كوريا الجنوبية. وقد انبثقت الشركة في عام 1975 عن شركة بيرنز آند رو أتوميك الكورية التي أسسها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة بيرنز آند رو، ثم أعيدت هيكلتها في عام 1976 لتصبح الشركة الكورية للهندسة النووية تحت إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وقد فوّض الرئيس بارك تشونغ-هي الشركة الكورية للهندسة النووية في عام 1976 لتكون الشركة الوحيدة المعنية بالهندسة المعمارية للمنشآت النووية في كوريا الجنوبية تحت إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ويمكن وصف هذه الخطوة بأنها أول اعتراف رسمي بمشاركة المختبر الوطني النووي المباشرة في مشروع بناء محطة تجارية للطاقة النووية. وبدأت الشركة الكورية للهندسة النووية عمليات تدريب مكثف للقوى البشرية للعمل مع الشركات الهندسية العالمية، بما فيها شركة بِكتل الأمريكية وشركة بيلغاتوم البلجيكية Belgatom. انتهت إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري للشركة الكورية للهندسة النووية في عام 1982، عندما أعيد تنظيمها تحت اسم الشركة الكورية لهندسة الطاقة، وأصبحت شركة فرعية

مملوكة بالكامل لشركة كيبكو، وأصبح تشون كون-مو أول رئيس لها (عمل لاحقاً وزيراً للعلوم والتكنولوجيا في تسعينيات القرن العشرين). وفي حين كانت تتمتع بوضعيتها كمورّد لجميع ما يتعلق بالهندسة المعمارية للمنشآت النووية في كوريا، كان على شركة كيبكو أن تنافس في مجال هندسة الطاقة غير النووية، فنمت قدراتها إلى أن أصبحت إحدى الشركات الهندسية العالمية المتكاملة.

مُنحت شركة كيبكو دور المقاول الرئيسي لهندسة المحطات النووية لأول مرة في مشروع يونغوانغ 3 و 4، وكان شريكها في نقل التكنولوجيا هي شركة سارجنت آند لندي التي مقرها مدينة شيكاغو. وكان يو جو-يونغ أول مدير مشاريع فيها، وهو الذي قاد جهود تصميم المحطة النووية. ومع ذلك، لم يكن نطاق الأعمال الهندسية التي تقوم بها شركة كيبكو يشمل دور تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار في البداية، وكان عليها أن تنتظر حتى عام 1997، حين انتقل هذا الدور المنشود من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (هذه القصة موضحة في الفصل الرابع).[6]

الشركة الكورية للصناعات الثقيلة ذات الوزن الثقيل

شكّلت مشاركة الشركة الكورية للصناعات الثقيلة KHIC في مشروع يونغوانغ 3 و4، كمقاول رئيسي للنظام النووي للتزويد بالبخار والتوربينات/ المولدات، نقطة تحول حاسمة في تاريخها. ففي بداية سبعينيات القرن العشرين أسس تشونغ إن-يونغ (الشقيق الأصغر لتشونغ جو-يونغ، مؤسس مجموعة هيونداي) هيونداي إنترناشيونال (التي أصبحت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة في عام 1980)، وكان يحدوه طموح كبير بأن تصبح شركة صناعات ثقيلة من الطراز العالمي. لقد تم وضع الخطة الرئيسية لتجهيز مصنع الشركة في تشانغوون بمساعدة شركة كومبسشن إنجنيرينغ في عمليات الصب والطَّرْق ومكونات المحطة النووية، ومساعدة شركة جنرال إلكتريك لمصنع التوربينات/ المولدات. ووفر البنك الدولي التمويل. وقد أُبرمت اتفاقات الترخيص بالتصنيع مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ وشركة جنرال إلكتريك على التوالي في عامي

1977 و 1976. لقد كان المشروع واحداً من أضخم وأحدث مشاريع الصناعات الثقيلة على نطاق العالم في ذلك الوقت، ولا يضاهيه سوى مصنع تشاتانوغا التابع لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، ومصنع تشالون التابع لشركة فراماتوم الفرنسية. وبعد بناء مصنع تشانغوون في بداية ثمانينيات القرن العشرين، كان التحدي التالي الأكبر هو كيفية تأمين طلبيات ضخمة، وكيفية الحصول على المعرفة التقنية اللازمة للحفاظ على تشغيل المصنع على نحو جيد.

كان قرار الحكومة الكورية بدمج وتنظيم مصنِّعي معدات توليد الطاقة في عام 1980 بمنزلة المنقذ لحياة الشركة الكورية للصناعات الثقيلة. فقد مُنِحت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة الحقوق الحصرية لعقود توريد جميع معدات توليد الطاقة المحلية، بما في ذلك الغلّايات ومولدات البخار والتوربينات/ المولدات الكهربائية لمحطات الوقود الأحفوري والنووي. وقبل هذا القرار، كانت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة تنافس مع ثلاث شركات محلية أخرى للصناعات الثقيلة (هيونداي، وسامسونج، ودايو) في السوق المحلية لتوليد الطاقة، والتي لم تكن كبيرة بما يكفي حتى لمورّد واحد في ذلك الوقت. ولم تكن هناك فرصة حقيقية في ذلك الوقت للحصول على خبرة في التصدير. وقد تأهلت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة للحصول على شهادة الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية ASME N-stamp لأول مرة في عام 1980، استعداداً لطلبيات المعدات النووية الرئيسية المرتقبة. واكتسبت خبرات أولية قيمة كمورّد نووي من خلال توفير جزء من مولدات البخار وأوعية المفاعل لمحطات يونغوانغ 1 و2 وألتشين 1 و2، حيث كانت مقاولاً فرعياً لشركتي وستنجهاوس وفراماتوم في بداية ثمانينيات القرن العشرين.

كانت بداية مشروع يونغوانغ 3 و4، مع الالتزام بتكرار محطات مستنسخة لما لا يقل عن 10 وحدات، فرصة ضرورية وكافية للشركة الكورية للصناعات الثقيلة لكي تتمكن من تحقيق أرباح، بينما تراكم الخبرات والمعرفة التقنية التصنيعية المهمة في الوقت نفسه. كان كوون جونغ-غيو (غيَّر اسمه لاحقاً إلى هونغ يونغ-سو) هو مدير مشروع يونغوانغ 3

و4، ويعمل تحت إمرة نائب الرئيس تشونغ تشونغ-وون، الذي كان العقل المدبر وراء جميع مشاريع التعاون التقني مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ. لقد أُرسل عدد كبير من المهندسين لمصنع تشاتانوغا التابع لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، ومصنع شينيكتادي التابع لشركة جنرال إلكتريك لتلقي التعليم والتدريب. وتطورت علاقات شخصية وعلاقات تعليمية بين الكوريِّين ونظرائهم الأمريكيين أدت إلى تعزيز الثقة المتبادلة في تصميم وتصنيع المكونات الثقيلة، مثل أوعية المفاعلات ومولدات البخار والتوربينات/ المولدات، لوحدات محطة الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة. إن سياسة شركة كومبسشن إنجنيرينغ المنفتحة تجاه نقل التكنولوجيا، رغم إدراكها أن متلقي التكنولوجيا سيصبح يوماً ما منافسها الشرس في السوق العالمية، كانت العامل الرئيسي للنجاح في بيئة عالمية متغيرة.[7]

ظلت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة المقاول الرئيسي لتوريد جميع النظم النووية للتزويد بالبخار والتوربينات/ المولدات لمشروع يونغوانغ 3 و4 وجميع المشاريع اللاحقة، في حين احتفظ معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بمجال تصميم النظم حتى عام 1997. وفي ذلك الوقت، تم نقل مجال عمل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى الشركة الكورية لهندسة الطاقة. واستمرت الشركة الكورية لهندسة الطاقة في توفير أعمال تصميم النظم للشركة الكورية للصناعات الثقيلة. أما المكونات/ الأجهزة التخصصية، مثل مضخات تبريد المفاعل وأجهزة القياس وأجهزة التحكم في النظام النووي للتزويد بالبخار وآليات التحكم في التفاعلات النووية لقلب المفاعل والأجزاء الداخلية لوعاء المفاعل، فقد استُبعِدت من نطاق التوريد المحلي، وتم شراؤها من شركة كومبسشن إنجنيرينغ في البداية. ومع ذلك، بدأت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة توريد الأجزاء الداخلية لوعاء المفاعل، وأجهزة التحكم في التفاعلات النووية لقلب المفاعل، وذلك بدءاً بمشروع ألتشين 3 و4. كما قامت الشركة الكورية للصناعات الثقيلة بتصنيع مضخات تبريد المفاعل وأجهزة التحكم في النظام النووي للتزويد بالبخار لمحطة نووية بقدرة 1400 ميغاواط من الكهرباء يجري إنشاؤها الآن. وأخيراً تمت خصخصة الشركة الكورية

للـصناعات الثقيلـة في عـام 2000، وآلـت حيازتهـا لـشركة دوسـان للـصناعات الثقيلـة والتشييد، واستمرت في توريد أجزاء كبيرة من مشاريع محطـات الطاقـة النوويـة الجديـدة المحلية والأجنبية، إضافة إلى استبدال المكونات الثقيلة، مثل مولدات البخار. واليوم تعـد شركة دوسان المنتج الأكبر لمحطات تحلية المياه في العالم، ومعروفة على نحو خاص للعملاء في الشرق الأوسط، مثل دولة الإمارات العربية المتحدة.

معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري: العقل المفكر

إن دور معهـد بحـوث الطاقـة الذريـة الكـوري KAERI في المـشاركة في مـشاريع المحطات النووية التجارية لفترة محدودة (من 1985 إلى 1997) ينطوي على أهميـة خاصـة في مسيرة توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا الجنوبية (يتـضمن القـسم الأول مـن هـذا الكتاب وصفاً لأهمية ذلك الدور، وكيف حدث ولماذا حدث). لا يوجد مختبر نووي وطنـي في أي دولة أخرى شارك مشاركة مباشرة في برنامج الطاقة النووية التجاريـة لتلـك الدولـة؛ لأن المشاركين عادة يكونون من القطاع الخاص من شركات الصناعة النووية، ومن شركات مرافق الكهرباء، ولعل الاستثناء الوحيد لذلك هو شركة الطاقة الذرية الكندية، التي لعبـت دور المورّد النووي بتسليم المفتاح في مشاريع محطات الطاقة النووية خارج مقاطعـة أونتـاريو (الطاقة النووية من مفاعلات نوع كانـدو في إقلـيم كيبِـك الكنـدي، والأرجنتـين ورومانيـا وكوريا)، حيث قامت بتسويق وبناء نماذجها الخاصة من نوع «كاندو 600».

منذ تأسيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1959، كأول مركـز وطنـي للبحوث النووية، اضطلع بدور الحاضن للمؤسسات النووية الجديدة مع توسع البرنـامج النووي الوطني خلال نصف القرن الماضي، وبعض هذه المؤسسات تجاري، وبعضها غـير تجاري وغير ربحي. وتم إنشاء الشركة الكورية لهندسة الطاقـة (1982)، وشركـة تـصنيع الوقود النووي (1982) كشركات تجارية فرعيـة لمعهـد بحـوث الطاقـة الذريـة الكـوري وشركة كيبكو. وأصبح جهاز الرقابـة النوويـة، أي المؤسـسة الكوريـة للـسلامة النوويـة (1990)، ومركز ضمانات منع الانتشار النووي، أي المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي

والرقابة (2006)، مستقلَّين عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بهدف تعزيز شفافية الرقابة على الطاقة النووية دعماً للحكومة. علاوة على ذلك، أصبح مستشفى بحوث السرطان في سيول، الذي تحول اسمه في عام 2002 إلى المعهد الكوري للعلوم الإشعاعية والطبية، مستقلاً عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليتفرغ للبحوث الطبية والإشعاعية.

وما يجعل قصة توطين التكنولوجيا النووية في كوريا فريدة من نوعها هو انخراط المختبر النووي الوطني في مشاريع تصنيع الوقود النووي، وإنشاء محطات الطاقة النووية التجارية اعتماداً على نقل التكنولوجيا برغم أن المنافسة في هذه المشاريع كانت عالية. ففي البداية، كان قرار إيكال تصميم نظام وحدات يونغوانغ 3 و4 لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مثيراً للجدل. وكان الصراع الداخلي حاداً بين الرغبة في تحقيق الاعتماد الذاتي التقني وضوابط جداول الأعمال التجارية ومخاوف الضمانات النووية. وكان ضرورياً تقبّل المخاطر العالية المرتبطة بالباحثين التقنيين غير المجرّبين، وهم يصارعون من أجل إكمال المشاريع في مواعيدها، وفي حدود الميزانية المحددة لها. ومع ذلك، تبين أن تقبل المخاطر كان يستحق عناء التجربة؛ إذ إن هدف تحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني قد أُنجِز بالفعل بحلول عام 1995. وبدأ التشغيل التجاري لوحدة يونغوانغ 3 في موعده، وفي حدود الميزانية المخصصة لذلك، وتجاوز جميع ضمانات الأداء بدرجة فاقت التوقعات. ولأن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مؤسسة وطنية غير تجارية، فقد استفاد فريق تصميم النظم التابع له فائدة عظيمة من بنيته التحتية في تخفيض التكاليف واختصار الوقت. إن مشاركة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري طوال 12 عاماً (1985-1997) في مشاريع الطاقة قد جاءت في الزمان والمكان المناسبين، ومن جانب الأشخاص المناسبين تحت قيادة هان بيل-سون المُلهِمة. لقد كنتُ أول مدير مشروع خلال السنوات الست الأولى، ثم جاء بعدي هان كي-إن، الذي عمل حتى الانتهاء من مشروع يونغوانغ 3 و4، وحقق نسبة الاعتماد الذاتي التقني المستهدفة: 95 في المئة.

شركة الوقود النووي الكورية: اللُّب

تُعد شركة الوقود النووي الكورية KNFC أحد الأعضاء المهمين في مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية؛ فقد أنشئت الشركة في عام 1982 كشركة فرعية تابعة لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كيبكو، وتنحصر مهمتها في تصنيع جميع أنواع الوقود النووي لمحطات الطاقة النووية المحلية. وبينما توفر شركة كيبكو مادة اليورانيوم في شكله الطبيعي أو المخصب، تقوم شركة الوقود النووي الكورية بأعمال تحويل اليورانيوم وتصنيع الوقود لشركة كيبكو، عميلها الوحيد. إن شركة الوقود النووي الكورية مجهّزة تجهيزاً كاملاً ببرمجيات التصميم الأوَّلي للوقود، وبرمجيات إعادة تحميل الوقود، وكذلك تكنولوجيات تجميع أجزاء الوقود. وكانت تكنولوجيات إعادة تحميل الوقود قد ترسخت بالفعل مع شركة كرافتويرك يونيون KWU الألمانية، ثم لاحقاً مع شركة وستنجهاوس، لمحطات الطاقة النووية في وحدات كوري1-4 ويونغوانغ 1 و2.

وخلال مشروع يونغوانغ 3 و4، كانت شركة الوقود النووي الكورية المقاول الرئيسي لشركة كيبكو بشأن إمداد الوقود النووي، بينما كان لدى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري فريق تصميم منفصل مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ، مثل فريق تصميم النُّظم، لكن شركة الوقود النووي الكورية كانت تقوم بدور المقاول الفرعي في ذلك. وكان كيم جاي-بونغ يدير المشروع لشركة الوقود النووي الكورية طوال الفترة التي استغرقها بناء المشروع.

هيونداي: الشركة المشيِّدة

يضم مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية، أخيراً وليس آخراً، مجموعة شركات البناء المحلية بقيادة شركة هيونداي للهندسة والإنشاء. وأسس هذه الشركة الزعيم الأسطوري تشونغ جو-يونغ (1915-2001)، الذي أسس فيما مضى أكبر تكتل صناعي متعدد الجنسيات في كوريا الجنوبية، الذي يطلق عليه «تشايبول» chaebol.

وكانت شركة هيونداي للهندسة والإنشاء مسؤولة عن بناء المواقع لجميع محطات الطاقة النووية المحلية منذ البداية، بدءاً بوحدة كوري 1. وكانت مهمة الشركة تتمثل في تنفيذ إنشاء المواقع، بحيث تكون مواصفاتها المدنية والهيكلية والميكانيكية ملائمة، وتلبي متطلبات ضبط الجودة النووية وضمان الجودة. وكانت أصعب مشكلة واجهت الشركة هي العثور على عمال لحام مؤهلين للقيام بأعمال اللحام في المواقع النووية، وقد ابتكرت الشركة عدداً من الأساليب الخلاّقة لتقصير فترة البناء مع ضمان معايير الجودة، مثل اتباع نهج أكثر معيارية في أعمال التشييد.

وفي حين أن الشركات الأجنبية المتخصصة في تشييد محطات الطاقة النووية قد اختفت تقريباً خلال السنوات الخمس والعشرين الأخيرة بسبب «عصر الظلام» النووي، كانت شركات التشييد الكورية، مثل هيونداي، قد تراكمت لديها خبرة قيّمة لا مثيل لها في أي مكان؛ لهذا السبب لم يكن مجال التشييد ضمن حزمة نقل التكنولوجيا مع الشركاء الأمريكيين في مشروع يونغوانغ 3 و4. كان تشا إن-هوان مدير المشروع لدى شركة هيونداي طوال الفترة التي استغرقها. والرئيس الكوري الحالي، لي ميونج-باك، شخصياً ملم إلماماً كبيراً بالصناعة النووية عموماً، وتشييد محطات الطاقة النووية خصوصاً؛ لأنه كان يعمل لدى شركة هيونداي للهندسة والإنشاء، وترقّى فيها إلى أن أصبح رئيسها التنفيذي عندما كانت المقاول الرئيسي للعديد من مشاريع إنشاء المحطات النووية المحلية. لذلك فمن حسن حظ كوريا أن تكون قيادتها تحت الرئيس «لي»، الذي لديه إلمام شخصي بصناعة محطات الطاقة النووية، وكان قادراً على تقديم مساهمات مباشرة عندما اكتمل توقيع العقد التاريخي مع دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2009.

الفصل العاشر

«الحجاج» الكوريون

الاستقلال في مجال تكنولوجيا التصميم!

اليوم هو اليوم السابق لعيد ميلادي الثاني والأربعين، 12 ديسمبر 1986. لم تكن زوجتي، لوسيا، سعيدة بعودتي إلى المنزل متأخراً كالعادة، بل كان الوقت متأخراً جداً لتناول العشاء الذي خططتْ له. لقد كان هناك سبب وجيه لعودتي متأخراً إلى المنزل عشية يوم عيد ميلادي، وذلك لأننا كنا نحضّر لإقامة حفل وداع خاص لأول مجموعة من الفريق التقني التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (تُسمّى «المجموعة أ») التي سيتم إرسالها إلى مدينة وينزُر بولاية كونِّيتيكت الأمريكية، لأول مرة. كان الفريق مكوّناً من 46 عضواً، وأُعطوا جميعهم تذاكر ذهاب إلى نيويورك (على طائرة الخطوط الجوية الكورية الرحلة رقم 081 المتجهة إلى مطار كيندي). ولو أنني كنت أدرك أهمية هذه الرحلة لوزّعنا أعضاء الفريق على رحلات مختلفة (فحادثة واحدة كانت ستؤدي إلى كارثة؛ فقدان كامل لاستقلال كوريا في مجال التكنولوجيا النووية). كان علينا إقامة مناسبة خاصة جداً تخليداً لهذا اليوم. وقد تجمّع كل أعضاء «المجموعة أ»، وكبار إداريي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في قاعة كبار الزوار المشيّدة حديثاً، في الطابق الثاني من المبنى الرئيسي لمجمّع المعهد في دايدوك. وافتتحتُ الاجتماع بتقديم تقرير مختصر أمام الحضور، وكان محتواه باختصار كالآتي: قبل سبعة عشر شهراً فقط تم إنشاء قسم نظم المفاعلات النووية في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليبدأ أعمال تصميم نظم المفاعلات النووية بمجموعة مكوّنة من 33 عضواً. توسعت عضوية القسم إلى أكثر من 100 عضو من خلال الانتقالات الداخلية واستقطاب الكوادر الخارجية. تم اختيارهم بناءً على خلفياتهم

الأكاديمية أو الهندسية النووية، وكذلك لقدراتهم في اللغة الإنجليزية. وتم تنفيذ برنامج تدريب محلي مكثف لإعداد الفريق الجديد للانطلاق. وتم جلب خبراء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى دايجون لإلقاء محاضرات داخل القاعات، تلاها تدريب ميداني بموقع محطة كوري للطاقة النووية لتعريفهم بالنظام النووي للتزويد بالبخار، في محطة طاقة نووية حقيقية عاملة. العديد منهم لم يرَ محطة طاقة نووية حقيقية من قبل، فضلاً عن كيفية تصميمها. فاشتد حماسهم عندما بدأوا يدركون أنهم سيكونون المهندسين الكوريين الأوائل الذين سيتمكنون من إتقان المعرفة التقنية الخاصة بتصميم نظم المفاعلات النووية، ويصبحون جزءاً لا يتجزأ من الصناعة النووية الكورية الطموحة.

وبعد منافسة حادة في تقديم العطاءات، تم الإعلان أخيراً عن فوز شركة كومبسشن إنجنيرينغ بالعطاء لتزويد مشروع يونغوانغ 3 و4، ونقل التكنولوجيا؛ وذلك قبل عشرة أسابيع فقط، في سبتمبر 1986. ولم يتم التوقيع بعد على العقود النهائية مع الشركاء الأمريكيين (كومبسشن إنجنيرينغ، وسارجنت آند لَندي، وجنرال إلكتريك)؛ حيث تجري مفاوضات مكثفة حول المئات من شروطها وبنودها. والأهم من ذلك أنه لم يكن لدينا الوقت لننتظر العقد النهائي. ونتيجة لذلك، كان علينا أن نبدأ مبكراً وتحمّل بعض المخاطر، مادمنا قد عرفنا من هو مرشدنا في هذا المشروع. كان الجميع يبذلون قصارى جهدهم للإسراع بتوقيع العقود، غير أن المفاوضات بدأت تتعقد لأن الجهات الكورية كانت تضع شروطاً أكثر صعوبة. أحد المطالب التي تقدم بها فريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري هو أن يشرع الأمريكيون في تدريب فريق التصميم المشترك ابتداءً من 1 يناير 1987، حتى قبل التوقيع على العقد. وقد قبلت شركة كومبسشن إنجنيرينغ هذا الاقتراح، وهي تدرك تماماً ما يكتنفه من مخاطر؛ لأن المئات من مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري سيُرسلون إلى وينزر بالولايات المتحدة الأمريكية. لقد اتخذت إدارتا شركة كومبسشن إنجنيرينغ ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري معاً قرار الانتقال إلى مرحلة التدريب العملي في وينزر بكونيتيكت، حيث يقع المقر الرئيسي لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، وذلك قبل التوقيع على عقد التوريد الرئيسي. وبهذا، سينتقل جميع

أعضاء فريق تصميم النظم التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى وينزر لإجراء التدريب على المواقع، قبل بدء العمل الحقيقي المشترك في تصميم النُّظم. وقد حان الوقت لإرسال المجموعة الأولى من الفريق المشترك التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى وينزر.

ألقى هان بيل-سون كلمة مؤثرة في حفل الوداع، قائلاً: «أنتم جميعكم حُجّاج هذا العصر الحديث، وعلى وشك أن تكتشفوا عالم تكنولوجيا الطاقة النووية الجديد في الولايات المتحدة، حيث وُلِد. لقد حصل كل منكم على تذكرة ذهاب إلى نيويورك. إننا نقف خلفكم، وندعمكم بكل ما أوتينا، وكلّنا أمل بأن تنجحوا في مهمتكم، لكن لا تتوقعوا أن تعودوا إلى البلاد إذا لم تنجحوا». وأضاف قائلاً: «قد تبدو مهمتنا مستحيلة لكم كما كانت مستحيلة للأدميرال يي سون-شين في المعركة البحرية ضد اليابانيين، ولا يمكننا كسب المعركة إلا إذا كنا جميعاً مستعدين للموت من أجل المهمة». لقد كانت رسالة مؤثرة، وأدرك الجميع جسامة المهمة الملقاة على عاتقهم. أمسك هان بمخطوطة محفوظة داخل إطار ورفعها عالياً. كان مكتوباً عليها كلمات بخط اليد بريشة صينية ما معناه: «لابد من أن نحقق استقلالنا في مجال تكنولوجيا التصميم». كان طول اللوحة نحو مترين وعرضها سبعين سنتيمتراً، محفوظة في إطار خشبي بغطاء زجاجي. لم يكن أحد يعلم مَن الذي كتبها أو كيف يستطيع أحد أن يُعِد عملاً فنياً مؤثراً في هذه الفترة الوجيزة، لكن الرسالة كانت مدوِّية وواضحة وتتماشى مع كلمة هان التي ألقاها. كانت مهمة البعثة تتمثل في إتقان تصميم نُظم المفاعلات لمحطات الطاقة النووية، وكان أعضاؤها على وشك الذهاب إلى موطن التكنولوجيا في الولايات المتحدة. إنها تذكير رسمي لجميع مَن في القاعة بالهدف المحدد لكل منهم. وفي نهاية حفل الوداع، عبَّر الجميع عن فرحتهم بترديد عبارة «سنحقق الاستقلال في مجال تكنولوجيا التصميم»، وكرروها ثلاث مرات.

اليوم، الرسالة نفسها المكتوبة في تلك المخطوطة منقوشة على نُصب تذكاري حجري في مجمع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في دايجون. وقد أقيم هذا النصب

التذكاري في عام 1997، بعد مرور أحد عشر عاماً تماماً على ذلك الحدث، إحياءً لذكرى النجاح في تشييد مشروع يونغوانغ 3 و4، والإنجازات التي تحققت في نظم المفاعلات، والاعتماد الذاتي في مجال التصميم الأوّلي. في ذلك الوقت كانوا قد اكتسبوا القدرة على إنجاز نسخ مطابقة لتصميم «نظام 80» بنجاح، وساهموا في إكمال المشروع كأعضاء فريق رئيسيين، وكانت هذه أسباب كافية للاحتفال، ووضع نصب تذكاري دائم في المكان الذي انطلق منه الاعتماد الذاتي في تكنولوجيا التصميم.

دعم البعثة

كانت تلك أكبر بعثة إلى الخارج من موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري طوال تاريخه الممتد لخمسين عاماً؛ فلم يحدث ما يماثل هذه البعثة من قبل ولن تتكرر من بعد. فقد أُرسِل نحو مائتين من موظفي المعهد إلى وينزر لفترة طويلة تستغرق 12 شهراً لكل موظف. وامتدت البعثة طوال الفترة من 1986 إلى 1997 لتحقيق مهمة واحدة محددة: التصميم المشترك لمحطة يونغوانغ 3 و4، مع نقل التكنولوجيا. أقام العديد من أعضاء البعثة في وينزر لفترة سنتين. وبلغ الإجمالي التراكمي للقوة البشرية من معهد بحوث الطاقة الذرية التي أقامت في وينزر نحو 300 سنة عمل (دون احتساب الزيارات القصيرة العديدة إلى وينزر لعقد اجتماعات). كان معظم مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في أواخر العشرينيات والثلاثينيات من أعمارهم، ومن خلفيات أكاديمية تقنية جيدة، ويجيدون اللغة الإنجليزية بمستوى معقول. ويحمل معظمهم درجة الماجستير أو الدكتوراه من جامعات أمريكية مشهورة؛ مثل معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وجامعة متشيغان، وجامعة ولاية بنسلفانيا، ومعهد رينسيلير للبوليتكنيك، وجامعة ولاية كارولينا الشمالية. غير أنهم كانوا يفتقرون إلى الخبرة العملية في نظم المفاعلات النووية، وربما إجادة التحدث باللغة الإنجليزية. كان جميعهم ذكوراً، ومعظمهم من المتزوجين حديثاً. وفي ذلك الوقت، كان السفر إلى خارج كوريا (حتى لمدة أسبوع) حدثاً نادراً ويَعدُّه الناس امتيازاً، خصوصاً إذا استطاع المسافر أن يصحب معه أسرته لفترة طويلة. لذلك،

فإن العديد من أفراد البعثة لم يجرب السفر على متن طائرة من قبل، فضلاً عن الذهاب في رحلة تمتد لعدة سنوات للعيش في الولايات المتحدة هم وأسرهم. ولابد من أن يكون الأمر محفزاً ومثيراً لأي مهندس كوري حديث الزواج أن يصطحب معه زوجته إلى الولايات المتحدة لقضاء عامين أو أكثر هناك.

كان استخراج جواز سفر أمراً صعباً في تلك الأيام. لقد خففت الحكومة الكورية في السنوات الأخيرة متطلبات استخراج الجوازات للسماح للأزواج بالسفر معاً إلى الخارج، وكانت تلك خطوة تحررية مع اقتراب أولمبياد سيول في عام 1988. واتخذت إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قراراً استراتيجياً بإرسال جميع أعضاء الفريق مع أسرهم من البداية لتنفيذ مشروع يونغوانغ 3 و4 ونقل التكنولوجيا، كما هو منصوص عليه في عقد التصميم المشترك مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ. قدّم موظفو الإدارة في كل من دايجون ووينزر الدعم الكامل لاستصدار جوازات سفر شخصية وتأشيرات عمل أمريكية خاصة، مع تذاكر طيران لجميع أفراد العائلة (من مطار سيول إلى مطار كينيدي). وتم استحداث منصب خاص في مكتب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر، وهو منصب مدير موقع ليقود هذه المجموعة الضخمة من المغتربين الذين يعيشون في بلد أجنبي لأول مرة. وشغل منصب مدير الموقع خلال فترة الذروة في وينزر، لتقديم الدعم لأكثر من مائتي مغترب كوري وعائلاتهم، كبارَ موظفي معهد الطاقة الذرية الكوري الآتية أسماؤهم:

- كيم جين-سو (1987-1989)، خريج هندسة نووية من جامعة سيول الوطنية، ومدير تحليل السلامة.
- لي إك-هوان (1989-1991)، خريج هندسة نووية من جامعة هانيانغ، واستُقطِب مؤخراً من قبل شركة هيونداي للهندسة والإنشاء (عمل في وقت لاحق رئيساً لشركة الوقود النووي الكورية).

- شين هيون-هوك (1991-1993)، خريج هندسة كهربائية من جامعة هانيانغ، مدير قسم الأجهزة والتحكّم.

علينا أن نتذكر شروط يونغوانغ 3 و4 التعاقدية المفروضة على كلٍّ من شركة كومبستشن إنجنيرينغ والمؤسسات الكورية في ذلك الوقت؛ كانت شركة كومبستشن إنجنيرينغ مسؤولة عن الأداء، وتوفير الضمان لمحطات الطاقة النووية التي سيبدأ تشغيلها التجاري بحلول عام 1995، مع أنها، أي شركة كومبستشن إنجنيرينغ، كانت مقاولاً فرعياً للشركة الكورية للصناعات الثقيلة ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. بكلمات أخرى، كانت شركة كومبستشن إنجنيرينغ مسؤولة عن المحافظة على جدول وجودة (ومن ثم أداء) النظام النووي للتزويد بالبخار لمشروع يونغوانغ 3 و4 بأكمله. فكان عليها مراقبة الجدول الزمني لسير التقدم في مشروع النظام النووي للتزويد بالبخار كأنها مقاول رئيسي. وفي الواقع، كان على الشركة الكورية للصناعات الثقيلة ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري اتباع توجيهات شركة كومبستشن إنجنيرينغ في جميع جوانب المشروع. كان فريق إدارة المشروع بشركة كومبستشن إنجنيرينغ في وينزر - بقيادة جيم فيرس، ومدير المشروع الكوري، مايك بارونسكي، مدير المشروع، وجيمس كروفورد، المدير الهندسي للنظام النووي للتزويد بالبخار - يدركون هذه الحقيقة أكثر من أي جهة أخرى. إن التدفق المفاجئ لعدد ضخم من مهندسي تصميم النظم الكوريِّين ليكونوا تحت تصرفهم لابد أن يكون قد شكّل تحدياً كبيراً ومشكلة لوجستية في مكتبهم الرئيسي في وينزر.

كان دور مدير الموقع التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أن يكون بالضبط نظيراً لإدارة شركة كومبستشن إنجنيرينغ في التعاطي مع الأعمال والظروف المعيشية اليومية للموفَدين الكوريين. كان كيم جين-سو أول مدير موقع يصل إلى وينزر في إبريل 1987، ثم خلفه لي إك-هوان ابتداءً من عام 1989، وقد واجه مشاكل الاستقرار في بيئة جديدة ليقدم المساعدة لجميع الموظفين الكوريين وأعضاء أسرهم والزوار الكوريين الذين يأتون بين الفينة والأخرى. كانت هناك مجموعة من المشاكل؛ مثل مشكلة إيجاد سكن ومدارس

للأطفال في المراحل الابتدائية والمتوسطة، وشراء سيارات مستعملة، وإيجاد مستشفيات...إلخ، ولابد لمدير الموقع من حل هذه المشاكل. ومن حسن الحظ أن موظفي شركة كومبسشن إنجنيرينغ كانوا راغبين في مساعدة الكوريين بكل ما يستطيعون، فضلاً عن الجو العام الودّي في مجتمع وينزر تجاه القادمين الجدد الكوريين.

خلال فترة الذروة بين عامي 1987 و1990، كان أكثر من 200 موظف كوري وعائلاتهم يعملون ويعيشون في وينزر، مشكّلين بذلك مستعمرة صغيرة داخل مدينة جلُّها من البيض. ووُلد أكثر من 70 طفلاً كورياً في وينزر، لأن العديد من المهندسين كانوا حديثي الزواج، وهم في أوج خصوبتهم. لقد كانوا بالفعل «حُجاجاً كوريين» حلّوا بمدينة وينزر لفترة محددة لأداء مهمة محددة. إن وجه الشبه بينهم وبين الحجاج الأصليين الذين كانوا يأتون من إنجلترا في القرن السابع عشر هو أنهم لا سبيل لعودتهم إلى بلادهم ما لم ينجحوا في المهام التي أتوا من أجلها. لذلك، تم تغيير مكتب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر إلى مكتب الشركة الكورية لهندسة الطاقة في وينزر في عام 1997، وتم تقليصه إلى عدد قليل من الموظفين، ليعمل كمكتب ارتباط تابع للشركة الكورية لهندسة الطاقة/ شركة كومبسشن إنجنيرينغ حتى عام 2007. واليوم شركة دوسان هي الشركة الوحيدة التي يوجد لديها مكتب ارتباط في مكتب شركة وستنجهاوس في وينزر.

لقد نجحت البعثة الكورية وأكملت مهمتها في اكتساب المعرفة التقنية بتكنولوجيات المفاعلات النووية وتصميم الوقود بحلول عام 1995، وكان ذلك أشبه بالمعجزة؛ لأن وحدة يونغوانغ 3 التي شُيِّدت حديثاً قد بدأ تشغيلها التجاري في الموعد المحدد، كما أن هدف الاعتماد الذاتي التقني قد تحقق، ما سمح بإنشاء المحطة المماثلة التالية، محطة ألتشين 3 و4، وتولّى الكوريون الآن دور القيادة في أعمال التصميم، بمساعدة الولايات المتحدة (العكس تماماً لأدوار الولايات المتحدة/ كوريا في مشروع يونغوانغ 3 و4)، وضمان الأداء الكامل كمقاولين رئيسيين.

لم يفشل أي مغترب كوري في تحقيق المهمة الموكلة إليه أو ينسحب من المشروع خلال فترة بقائه في وينزر أو بعدها طوال فترة البعثة. ومن بين جميع الموظفين الذين تدرّبوا في وينزر، ترك نحو 15 في المئة مهنة تصميم النظم النووية كتحول طبيعي من المهنة والذهاب إلى أعمال أخرى، بعد عودتهم إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وإكمال مهامهم وواجباتهم تجاه البرنامج النووي. وهاجر منهم آخرون إلى الولايات المتحدة وكندا. والأمر المحزن أن زميلين من فريق وينزر الأصلي؛ يانغ سوينغ-يوينغ، مدير ضمان الجودة، وهان جاي-بوك، رئيس قسم المراقبة والتحكّم، توفيا بسبب المرض بعد عودتهما من وينزر. لقد لعب الحجاج الكوريون الدور الحاسم في تاريخ الاعتماد الذاتي التقني في مجال محطات الطاقة النووية، وستظل أسماؤهم محفورة في الذاكرة.

بقيت ملاحظة مهمة يجب ذكرها في هذا السياق؛ وهي أن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري -المختبر النووي الوطني الذي أسِّس قبل ربع قرن- كان مسؤولاً مسؤولية كاملة عن بعثة وينزر بصفته مقاولاً رئيسياً لشركة كيبكو/ الشركة الكورية للصناعات الثقيلة طوال هذه الفترة. ولاشك في أن المعهد يضم خيرة مهندسي الطاقة النووية وما يرتبط بها في البلاد. وهذا هو السبب الرئيسي لإعطاء المعهد دور مصمم النظم منذ البداية، بدلاً من إعطائه لشركة خاصة. لكن، ما لم يُقَدَّر في ذلك الوقت هو الفائدة من استخدام إدارة المعهد في تنفيذ البعثة الخارجية غير المسبوقة من أجل إنجاز عملية نقل التكنولوجيا. وحتى ذلك الوقت، كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري معتاداً إرسال علماء إلى الخارج (إلى الولايات المتحدة والمملكة المتحدة في أغلب الأحيان) للتدرب لفترات طويلة وبتمويل خارجي محدود للغاية. لكن الأمر مختلف هذه المرة، لأن تمويل المشروع كان كافياً ومضموناً. واستجاب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري سريعاً بوضع مجموعة جديدة من الإجراءات والقواعد الإدارية للتعامل مع بعثة وينزر. وإضافة إلى جميع المسائل التقنية التي يجب استيعابها، تم للمرة الأولى توفير دعم إداري جديد؛ يتضمن بدلات سفر، وإعانات دورية لدعم الأسر، وإجراءات إبلاغ ومحاسبة،

واستخراج جوازات السفر/ التأشيرات، والتأمين الصحي في أثناء وجود البعثة في وينـزر، وتحويل العملات الأجنبية.

وعلى عكس أيٍّ من ممارسات القطاع الصناعي الخاص، سخّر معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري كل التمويل (100 في المئة) من مشروع يونغوانغ 3 و4 (نحو 100 مليار دولار لتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار والتصميم الأساسي الأوّلي ونقل التكنولوجيا المرتبط بذلك) لتغطية نفقاته المباشرة خلال الفترة 1987-1995. لم يكن هناك أي اعتبار للتكاليف غير المباشرة (مثل الأرباح، والنفقات العامة الأخرى، كالتأمين والإنارة والتدفئة،...إلخ)؛ لأن الممارسات المحاسبية التي يتبعها المختبر الوطني لا تسمح بوضع التكاليف غير المباشرة في الاعتبار. إن الممارسة المتبعة في قطاع الصناعة التي تقضي بتجنيب نحو 30 في المئة لتغطية تكاليف النفقات العامة أمر لم يسمع به أحد ولا يمكن التفكير فيه في ظل إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية في ذلك الوقت. وباسترجاع ما حدث في الماضي، كان ذلك أحد العوامل الرئيسية المحفزة على نجاح المشروع، حيث سمح لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري باستقطاب أفضل القوة البشرية المتوافرة، وتوجيهها لمباشرة العمل في البعثة الخارجية ضمن تكلفة المشروع؛ أي أن تكلفة المشروع تشمل البعثة الخارجية. كان القطاع الصناعي الخاص سيكون أكثر تردداً وتقتيراً في تنفيذ أي عقد ذي سعر ثابت مثل مشروع يونغوانغ 3 و4. إن حقيقة عدم انسحاب أي عضو من أعضاء بعثة وينزر طوال فترة مهمتها تشهد بوضوح على سلامة الإدارة خلال فترة المشروع. باختصار انتهت المهمة، وكلُّ من شارك فيها كان راضياً تمام الرضا عن نتائجها، بما في ذلك الجانب المضيف، شركة كومبسشن إنجنيرينغ، وعاد الجميع إلى البلاد سالمين بعد أن اكتسب كل منهم الكثير في مجال تخصصه بفضل المهام التي أنجزوها في أثناء البعثة.

ذكرى أيام وينزر

كان عليَّ القيام برحلة إلى وينزر. إنها رحلة أكثر من كونها عاطفية للعودة إلى وينـزر القديمة، بولاية كونيتيكت، في الطرف الشمالي الشرقي من الولايات المتحدة بعد عشرين

عاماً من الغياب. فقد كنت أزورها ثلاث أو أربع مرات سنوياً في أثناء فترة الذروة (1985-1991). وفي البداية، تم إرسال بضع مئات من مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى وينزر للتدرب وعمل التصميم المشترك، وكنت المسؤول المباشر وقتها بصفتي مدير المشاريع بالمعهد. وكان عليّ أن استخرج من نظرائنا بشركة كومبسشن إنجنيرينغ ذكرياتهم القديمة حول نظرتهم للمشروع الكوري برمّته، ومدى نجاح دمج فريق التصميم الأمريكي/ الكوري المشترك من المنظور الأمريكي. على أني قد رأيت أن الكتابة عن الجانب الكوري فقط من القصة ستكون منحازة أو أنها لا تغطي سوى نصف القصة.

في منتصف أكتوبر 2010 كانت وينزر تكتسي بأزهى حلل الخريف المطرّزة بأزهار القيقب الحمراء وأزهار البتولا الصفراء. وكنت واثقاً بأن زميلي القديم من شركة كومبسشن إنجنيرينغ، جيم فيرس (الذي كان وقتها مدير المشروع الكوري الوحيد، وقد تخرج في جامعة فاندربيلت في تينيسي بشهادة في الهندسة الكهربائية، كما أنه خريج قسم الصناعات النووية في القوات البحرية) قد أعدّ لي الترتيبات اللازمة لإجراء مقابلات. كنت محظوظاً أن ألتقي أصدقائي القدامى من شركة كومبسشن إنجنيرينغ: جيمس كروفورد (كان المدير الهندسي للنظام النووي للتزويد بالبخار)، وريغيس ماتزي (كان المدير الهندسي للمفاعلات، خريج جامعة ستانفورد بدرجة دكتوراه في الهندسة النووية، كما كان ضابطاً بقسم الصناعات النووية في القوات البحرية، ثم عمل لاحقاً نائباً لرئيس قسم البحوث بشركة وستنجهاوس)، وتوم ناتان (كان المدير الهندسي الوحيد لمشروع يونغوانغ 3 و4، وقد وُلد في النمسا وتخرج في جامعة كاليفورنيا ببيركلي، قسم الهندسة الميكانيكية)، ومارك كرمب (كان مدير نقل التكنولوجيا لمشروع يونغوانغ 3 و4، وتخرج في جامعة متشيغان ويحمل درجة الدكتوراه في الهندسة النووية). كانوا جميعاً مسرورين ليتذكروا معي تلك التجارب الفريدة التي خضناها معاً قبل نحو ربع قرن مضى. كنت أشعر بحماستهم في استذكار القصص القديمة، لأنهم رأوا بعض القيمة في تأليفي هذا الكتاب عن الموضوع.

كـان مـشـروع دولـة الإمـــارات العربيـة المتحـدة أول مـا أردتُ أن أسـأل فـيرس وماتـزي عنه:

«ما هو انطباعكما الأول فور سماعكما الأخبار في ديسمبر الماضي [2009] بأن الكـوريين فازوا بالعقد الإماراتي لبناء محطات للطاقة النووية؟» وكنت أتوقع ردهما المفاجئ.

«حسناً، لم أتفاجأ بالخبر قط، لأننا كنا نعلم أن فرصة الكوريين أفضل في الفـوز بالعقـد». «كانت دولة الإمارات العربية المتحدة حريصة للغاية على موعد التـسليم المقـرر في عـام 2017، وكانوا يرغبون في وجود مشاركة قوية من جانب شركات المرافق المشغِّلة، لأنهـم يبحثون عن تشغيل مشترك بعد بناء محطات الطاقة النووية. وفي هذا الخـصوص، كانـت فرصة الكوريين للفوز بالعطاء أفضل من فرصة الفرنسيين أو الأمريكيين. وبما أن شركة كيبكو كانـت الـشركة الوحيـدة المتخصـصة في بنـاء المحطـات النوويـة وتـشغيلها بـين الشركات الثلاث المتنافسة على العطاء، فإنها الخيار الطبيعي، وليس المفاجئ، فضلاً عـن ميزاتها المجرّبة في مجال السلامة والاقتـصاد». «والآن تمثـل الـصفقة الإماراتيـة نموذجـاً جديداً لمشاريع تصدير محطات الطاقة النووية للعديـد مـن الـدول الناميـة التـي تـسعى لامتلاك طاقة كهربائية نووية يلتزم فيها المورّد بعمليات التشغيل».

«الخلاصة: لابد من أن السعر الذي عرضه الكوريون كان أقـل ممـا عرضـه منافسوهم، لأن الحكومة الكورية قدّمت ضماناً كافياً للعوامل التي تضاعف مخاطر النفقات العامة».

أعتقد أن هناك تشابهاً مدهشاً بين اختيار شركة كومبسشن إنجنيرينـغ في عـام 1986 لمشروع يونغوانغ 3 و4، واختيار الكوريين في عام 2009 لمشروع دولـة الإمـارات العربيـة المتحدة. فكلا الفائزين في المناسبتين كان أقل المصنّعين/ البـائعين شـهرة في ذلـك الوقـت، وليس لديها تجارب سابقة في السوق الخارجية لمحطات الطاقة النووية. وأظـن أن طريقـة اقتصاد السوق في اختيار محطات الطاقة النووية الأكثر موثوقية ومزايا اقتصادية قد لعبـت دوراً كبيراً في حالة دولة الإمارات العربية المتحدة، كما فعلت في حالة كوريا قبل 23 عامـاً، أو أن الفوز كان لخيار «التكنولوجيا قبل السياسة» في كلا البلدين.

إن بعض القصص، مثل تاريخ وينزر وكومبسشن إنجنيرينغ، لم تكن تستحوذ على الكثير من اهتمامي في ذلك الوقت، لكنني أجد أنه من المثير معرفة أهميتها، لأنني أصبحت متقدماً في العمر، وبصدد إعادة صياغة ربع قرن من التاريخ الذي حدث على جانبي المحيط الهادي.

تم تأسيس وينزر في عام 1633، كأول مستوطنة «للحجاج» في ولاية كونيتيكت، أي بعد 20 عاماً فقط من وصول «الحجاج الآباء» الأصليين إلى بليموث Plymouth على متن سفينة مايفلاور Mayflower. إنهم التطهريون (البيوريتان) الذين قدموا من إنجلترا بحثاً عن الحرية العامة والحرية الدينية، فأسسوا الكنيسة المستقلة من الكنيسة الإنغليكانية فور وصولهم إلى العالم الجديد. كان العديد من قبائل الهنود المحليين تقطن في وادي كونيتيكت، وكانت القبائل الهندية الأكثر عدوانية، مثل البيكوتس والموهيكان، تتقاتل فيما بينها في العديد من المعارك، ما اضطر القبائل الضعيفة، مثل البودونك، إلى دعوة الرجال البيض للاستقرار في منطقة وينزر كقوة تحول بينهم وبين المعتدين. ويذكر تاريخ وينزر أن زعيم قبيلة البودونك اختار الحجاج الإنجليز بدلاً من المستوطنين الهولنديين الأقوى، الذين كانوا يمثلون قوة تجارية مهيمنة في إقليم نيوإنجلاند في بداية القرن السابع عشر. وأُبرِمت اتفاقية سلمية بين قبيلة البودونك وبين حجاج بليموث لإقامة أول مستوطنة في وينزر. واليوم توجد صخرة كمَعْلَم تاريخي في مجمّع لوميس-تشافي في وينزر، تقف شاهداً على المستوطنة الأولى التي أقامها الحجاج في عام 1633. ويمثّل أحفاد هؤلاء الحجاج اليوم العمود الفقري لمجتمع وينزر.[1]

أعتقد أن التاريخ ربما أعاد نفسه بعد نحو 350 عاماً. لقد اختار الكوريون شركة كومبسشن إنجنيرينغ بدلاً من شركة وستنجهاوس في العطاء التنافسي لمشروع يونغوانغ. ولعب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الدور الحاسم في تقييم العطاءات. وقد أُعجبنا كثيراً بنزاهة كومبسشن إنجنيرينغ وأمانتها في الالتزام بنقل التكنولوجيا، مقارنة بمواقف شركة وستنجهاوس وعقليتها التجارية المتعجرفة. وبقليل من التخيُّل؛ فقد لعبت شركة

كومبسشن إنجنيرينغ دور الحُجاج، ولعبت وستنجهاوس دور الهولنديين، في حين لعب الكوريون دور قبيلة البودونك الهندية باختيارهم كومبسشن إنجنيرينغ بدلاً من وستنجهاوس. إن بيئة مجتمع وينزر الملائمة عموماً، وثقافة الانفتاح التي تتبعها شركة كومبسشن إنجنيرينغ قد ساعدتا على كسب صداقة الكوريين في الجزء الأخير من القرن العشرين. أعتقد أن وينزر قد رسخت جذورها عميقاً منذ أيام الحج الأولى، ما ساعد الكوريين على تحقيق الهدف الضخم الذي أتوا من أجله. وهذا هو السبب في أن المهندسين الكوريين في وينزر أصبحوا يُعرَفون بأنهم «الحجّاج الكوريون».

ربما يشكّل المنحدرون من الحجّاج الأوائل أغلبيةَ سكان وينزر اليوم. ويمكن وصف مجتمع وينزر بأنه الأكثر ديمقراطية وليبرالية، والأعلى تعليماً ومستوى فكري في الولايات المتحدة. فبعض الجامعات الأكثر شهرة في العالم، مثل جامعة هارفرد وييل ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، تقع جميعها على مقربة من وينزر، ما يوفر الأرضية الفكرية للتعاون. ولاشك عندي في أن ثقافة الانفتاح التي تتميز بها شركة كومبسشن إنجنيرينغ ومجتمع وينزر قد هيأت للحجّاج الكوريين تربة غير مرئية، لكنها خصبة للغاية لكي يحققوا هدف الاعتماد الذاتي التقني الذي سافروا من أجله.

تاريخ شركة كومبسشن إنجنيرينغ في المجال النووي

دخلت شركة كومبسشن إنجنيرينغ المجال النووي كمقاول للبحرية الأمريكية: أولاً كمورّد لأوعية المفاعلات من مصنعها في تشاتانوغا، وكمصمم لمفاعل غواصات ومصنِّع وقود من مقرها في وينزُر بكونيتيكت. وبدأ النشاط النووي التجاري بامتلاك شركة الهندسة النووية العامة GNEC في عام 1955، وهي شركة تصميم هندسي صغيرة أنشأها الدكتور والتر زين Walter Zinn. كان زين مديراً لمختبر أرغون الوطني، ولاحقاً أنشأ شركة الهندسة النووية العامة لكي يصبح أكثر نشاطاً في مجال الطاقة النووية التجارية. ونتيجة لشهرته كرائد في الفيزياء النووية، اختير عضواً بفريق «إنريكو فيرمي»Enrico Fermi الذي صمم مفاعل شيكاغو النووي وشيّده في «ستاغ فيلد»

Stag Field بجامعة شيكاغو. وكانت تلك المرة الأولى التي تم فيها إثبات التفاعل النووي التسلسلي المستمر عملياً.

إلى جانب والتر زين هارولد ليتشتنبيرغر Harold Lichtenberger اللذيْن كانا حاضرين في تلك اللحظة التاريخية، تجمّع فريق من الخبراء في شركة الهندسة النووية العامة، بمن فيهم جون ويست الذي سيصبح خلفاً لزين في شركة كومبسشن إنجنيرينغ بعد تقاعده. وبعد أن آلت شركة الهندسة النووية العامة إلى شركة كومبسشن إنجنيرينغ، جلبت معها فريقها المتمرس في التصميم لينضم إلى موظفي الشركة، وشارك في تصميم أول مفاعل ماء مضغوط تجاري تصنّعه شركة كومبسشن إنجنيرينغ. وهذا مكّن الشركة من البدء في منافسة شركة وستنجهاوس وشركة جنرال إلكتريك في ستينيات القرن العشرين. وبعد النجاح في نشر العديد من مفاعلات الماء المضغوط من الجيل الأول في باليسيدس Palisades ومواقع أخرى في الولايات المتحدة، رسخت شركة كومبسشن إنجنيرينغ اسمها التجاري بتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار لـ«مفاعل الماء المضغوط نظام 80 من الجيل الثاني» (تعني مفاعلاً لثمانينيات القرن العشرين) بغرض تسويقه خلال فترة ازدهار الصناعة النووية الأولى في سبعينيات القرن العشرين. ويمكن أن يُطلَق على نائب الرئيس للشؤون الهندسية بشركة كومبسشن إنجنيرينغ، فرانك بيفلاكوا، اسم «أبو تصميم نظام 80».

عُرفت شركة كومبسشن إنجنيرينغ عموماً بالبراعة الهندسية والتصميم الفائق، بدليل أن إنتاج مفاعلاتها النووية من الكهرباء عادة أعلى بنسبة 10 في المئة تقريباً من إنتاج مفاعلات شركة وستنجهاوس المشابهة لها. هذه الزيادة في الفعالية الإنتاجية سببها استخدام نظام حاسوبي لمراقبة قلب المفاعل يُعرف باسم نظام مراقبة الحد التشغيلي لقلب المفاعل COLSS، وحاسبة حماية قلب المفاعل CPC، الذي يتضمن أعداداً ضخمة من مِكْشافات النيوترون والخوارزميات الخاصة التي تسمح بمستويات عالية من كثافة الطاقة. وكما يشير اسم الشركة «إنجنيرينغ»، فإنها تمتلك قدرات هندسية فائقة متقدّمة على

الجميع في مجالها، كما اتضح ذلك في نظام مراقبة الحد التشغيلي لقلب المفاعل، وحاسبة حماية قلب المفاعل، والمراقبة الرقمية الكاملة لإنتاج الطاقة الحرارية من المفاعل النووي.

عندما وقعت حادثة جزيرة ثري مايل في عام 1979، كان لدى شركة كومبسشن إنجنيرينغ طلبيات لبناء 16 وحدة من نظام 80. وكانت وحدات الطاقة النووية الثلاث في بارلو فيردي هي المفاعلات النووية الوحيدة من طراز نظام 80 التي تم بناؤها وتشغيلها، في حين أُلغِيت جميع الوحدات الأخرى. كما نافست شركة كومبسشن إنجنيرينغ في الأسواق العالمية خلال هذه الفترة، وتم اختيارها كفائز بالعطاء لمشروع لونغمين Lungmen التايواني في عام 1982، غير أن المشروع أُلغي لاحقاً. وخسرت شركة كومبسشن إنجنيرينغ لصالح شركة وستنجهاوس في عطاء مشروع كوري 3 و 4. وجاء ارتباطها الأول بالمشروع النووي الكوري بتوريد وعاء مفاعل لوحدة كوري 1، بصفتها مقاولاً فرعياً لشركة وستنجهاوس في بداية سبعينيات القرن العشرين. وفي عام 1986 حلّ العصر الذهبي لشركة كومبسشن إنجنيرينغ في مجال أعمال المحطات النووية الجديد، عندما فازت بعقد مشروع يونغوانغ 3 و 4. فكانت تلك البداية لربع قرن من العلاقة بين كومبسشن إنجنيرينغ والصناعة النووية الكورية. ومنذ أواخر ثمانينيات القرن العشرين، ظلت المشاريع الكورية تمثل الأعمال الجديدة الوحيدة لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، بينما عانت بقية الصناعة فترة أشبه بالظلام النووي العالمي بعد حادثة تشرنوبل.

خضع الهيكل الإداري لشركة كومبسشن إنجنيرينغ للعديد من التغييرات الجذرية منذ أن بدأت المشاريع الكورية. لقد حدثت إعادة الهيكلة الأولى في عام 1999 عندما استحوذت شركة آسيا براون بوفيري ABB العملاقة على كومبسشن إنجنيرينغ لتصبح شركة آسيا براون بوفيري/ كومبسشن إنجنيرينغ. غير أن الجزء النووي من شركة كومبسشن إنجنيرينغ بقي على حاله إلى حد كبير ليواصل العمل في المشاريع الكورية، ولم يتغير سوى الاسم فقط. وفي عام 2000 حدث تغيير أكبر بكثير عندما استحوذت شركة وستنجهاوس - الخصم اللدود التقليدي في القطاع النووي- على الجزء النووي من شركة

كومبسشن إنجنيرينغ بعد الأزمة المالية التي عانتها شركة آسيا براون بوفيري/ كومبسشن إنجنيرينغ نتيجة للدعاوى القضائية التي رُفعت ضدها بشأن الآثار الصحية للأسبيستوس الموجود في محطات الطاقة الأحفورية. وعلى الرغم من أن الجزء النووي من شركة كومبسشن إنجنيرينغ كان مُربحاً في تسعينيات القرن العشرين بفضل المشاريع الكورية، فقد استُخدم لإنقاذ الشركة الأم، شركة آسيا براون بوفيري، ببيعه لشركة وستنجهاوس، التي كانت مملوكة في ذلك الوقت لشركة الوقود النووي البريطانية BNFL. وفي عام 2006، استحوذت شركة توشيبا اليابانية، المورّد التقليدي لمفاعلات الماء المغلي، على شركة وستنجهاوس، في خطوة استراتيجية لعولمة شركات التوريد النووية استعداداً لقدوم عصر النهضة النووية. ومما يمكن ملاحظته من الخارج حتى الآن، فإن اندماج توشيبا/ وستنجهاوس يبدو مالياً في طبيعته، بينما تُركت الجوانب التقنية النووية والتسويقية في أيدي شركة وستنجهاوس.

لم يختفِ، تحت وستنجهاوس، اسم «كومبسشن إنجنيرينغ» إلى الأبد فحسب، بل أزيلت أيضاً تكنولوجيا «نظام 80» الرائدة تماماً لتحل محلها تكنولوجيا مفاعل الماء المضغوط طراز AP1000 الذي طورته شركة وستنجهاوس. ولولا المشاريع الكورية لما صمدت تكنولوجيا نظام 80، وتحسنت وبقيت على قيد الحياة. كنتُ أظن أن أصدقاءنا القدامى شديدو المراس في شركة كومبسشن إنجنيرينغ، مثل جيمس كروفورد وناتان توم، لابد من أن يكون لهم شعور خاص تجاه مفاعل الطاقة المتقدم طراز APR1400، الذي هو نسخة محسّنة لنظام 80+ طورها الكوريون، والفوز بعقد دولة الإمارات العربية المتحدة، إذ إن كل ذلك بدأ من مشروع يونغوانغ 3 و4 في ثمانينيات القرن العشرين. لقد سألت كروفورد وناتان في مقابلة أجريتها معهما مؤخراً في وينزر:

«ماذا تعني لكما المشاريع الكورية؟»

«كان مشروع يونغوانغ 3 و4 يمثل أفضل الوظائف التي عملت بها وأكثرها نجاحاً على الإطلاق. لقد عملنا مع رجال كوريين عظماء. إننا نكنّ احتراماً كبيراً للسيد بارك يونغ-

تايك (مدير مشروع يونغوانغ 3 و4 من شركة كيبكو). كان مُتعِباً في ذلك الوقت، لكنه بالتأكيد أنجز المهمة من خلال اتخاذ القرارات الصائبة في الوقت المناسب، وإجبارنا على بذل كل ما في وسعنا من جهد».

قلت لهما:

«كانت شركة كومبسشن إنجنيرينغ تدفع ثمناً لنجاحها في كوريا، حيث اشترتها شركة وستنجهاوس».

علّق ناتان بأسف قائلاً: «هذه طريقة مثيرة للنظر إلى ما حدث، لكن، في الحقيقة، كانوا يريدوننا أن نفوز بالسوق الصينية على وجه اليقين، لكن ليست لهم مصالح في تكنولوجيا نظام 80، سوى خبرات نقل التكنولوجيا إلى كوريا».

لقد كان تعبيراً صادقاً عن الفخر والألم، صادراً عن أفضل الموجِّهين الذين عملنا معهم. ويمكن القول بأن إرث تكنولوجيا شركة كومبسشن إنجنيرينغ يوجد الآن فقط في أيدي من كانوا تلاميذهم ذات يوم. إنه في أيدي الكوريِّين الذين جعلوا منه منافساً في السوق العالمية.[2]

لقد شعرت بكثير من الحزن عندما سماعي بوفاة كل من بوب نيومان، الذي كان حينئذٍ نائب رئيس كومبسشن إنجنيرينغ للنظم النووية، و«هيرب كان» الذي كان مديراً لتطوير الأعمال التجارية الدولية، وفينس كريسيسكي الذي كان المدير المقيم للشركة الكورية للصناعات الثقيلة في تشانغوون. سنظل نتذكّرهم لما عرفوا به من التزام وحماس شخصي تجاه المشروع الكوري، وما تميزوا به من لطف وروح دعابة.

كانت المشاريع الكورية إنجازات بارزة في تاريخ شركة كومبسشن إنجنيرينغ النووي منذ منتصف ثمانينيات القرن الماضي. ولكي تحقق الشركة هذه الإنجازات كان على موظفيها خوض تجربة تدريبية ضخمة، وأن يتعاملوا مع مئات المهندسين الكوريين الشباب القادمين إلى عقر دارها لتعلُّم تقنياتها، وليس لهم أي خبرة سابقة في المشاريع النووية الأجنبية. لديّ شعور بأن إخلاص شركة كومبسشن إنجنيرينغ تجاه المهندسين

الكوريين قد ساعد في تهيئة الجو للعمل معهم، فضلاً عن أن سياسة كومبسشن إنجنيرينغ لنقل التكنولوجيا على نطاق كامل إلى الكوريين كانت واضحة للجميع.

في المرحلة المبكرة، تعاقدت شركة كومبسشن إنجنيرينغ مع المستشار كارل ماركوفيتز، صاحب المكتب الاستشاري «كوريا استراتيجي أسوشييتس» Korea Strategy Associates، ليأتي إلى وينزر لتدريب موظفي كومبسشن إنجنيرينغ على الثقافة والعقلية الكوريَّتين. يحمل ماركوفيتز درجتي الدكتوراه في التاريخ والماجستير إدارة الأعمال من جامعة هارفرد، وأمضى سنوات عدة في كوريا، ويتحدث اللغة الكورية بطلاقة. ومن خلال هذه الدورات التدريبية، ودورات أخرى كانت تُعقَد بين الحين والآخر طوال عشرين عاماً، تعرّف موظفو كومبسشن إنجنيرينغ على التاريخ الكوري والعقلية الكورية، وما يُفرح الكوريين وما يُغضبهم،...إلخ. ويمكن القول بأن جيم فيرس، مدير المشروع الكوري، كان الشخص الوحيد المسؤول عن حل المشاكل التقنية وغير التقنية، والمشاكل من جانب شركة كومبسشن إنجنيرينغ. فقد قام بأكثر من مئة رحلة إلى كوريا على مدى السنوات الخمس والعشرين الماضية، وكسب ثقة الكوريين واحترامهم أكثر من أي شخص آخر أعرفه. وقد همست زوجته ليندا، أمينة مكتبة متقاعدة كانت تعمل في إحدى المكتبات المحلية، في أذني عندما كنت مغادراً وينزر بعد زيارة قمتُ بها مؤخراً، قائلةً:

> «كنت أعلم طوال الوقت أنكم أنتم الكوريون وزوجي قدّمتم الكثير من الأعمال الجيدة لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، لكن زوجي لم يتكلم عنها كثيراً في المنزل. آمل أن يروي كتابك القصة بأكملها ليعرف أطفالي ما فعله والدهم».
>
> قلت لها بكل بساطة: «سأبذل قصارى جهدي، لكن ... تمنّي لي حظاً سعيداً».

الوضع نفسه ينطبق على شخصي أيضاً؛ فلم يكن لديّ من الطاقة والوقت ما يكفي لأروي قصة عملي في الأنشطة النووية عندما أعود إلى منزلي ليلاً. فأي حافز أفضل من هذا يدفعني لأن أكمل هذا الكتاب؟ لا شك في أن الكثيرين منّا يرغبون في أن يروُوا لأسرهم

وأطفالهم ما فعلوا، بطريقة أكثر موضوعية وافتخار. لقد كانت جميع مقوّمات النجاح متوافرة في وينزر: أفضل الموجِّهين الذين يمتلكون التكنولوجيا الأكثر تطوراً والاستعداد للتدريب وتبادل كل ما لديهم، وأفضل المتدرِّبين المتحمسين المتعلمين تعليماً عالياً والمستعدين للتفوق على كل التوقعات.

الفصل الحادي عشر

التصميم المشترك

لقد كانت الفكرة الأصلية للتصميم المشترك من بنات أفكار هـان بيـل-سـون، كـما تبلورت في الخطاب الذي ألقاه بمناسبة تعيينه رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكـوري في 9 إبريل 1984. فقد قال: «السبيل الوحيد، لأي دولـة ناميـة، لتحقيـق الاعـتماد الـذاتي التقني في مجال الطاقة النووية هو المشاركة في مشاريع بناء محطات الطاقة النووية التجاريـة في نطاق خبرة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ونحن لا نملك المال والوقت والقـوة البشرية المدرّبة لتحقيق ذلك بالبدء من نقطـة الـصفر». كانـت تلـك هـي البدايـة لطريـق طويل، لحمل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على تولي المسؤوليات فـيما يتعلـق بـنظم مفاعلات الطاقة النووية وتكنولوجيات التصميم الأساسية، بحيـث يقـوم المعهـد بـدور المقاول الرئيسي في مشروع يونغوانغ 3 و4.

وُضعت فكرة التصميم المشترك موضع التنفيذ لأول مرة في عام 1985، عنـدما بـدأ مشروع توطين إعادة تحميل الوقود الخـاص بمفـاعلات المـاء المـضغوط، بالاشـتراك مـع شركة كرافتويرك يونيون الألمانية. وبالفعل تم إرسـال أكثـر مـن 70 مهندسـاً مـن معهـد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى مركز تصميم الوقود التابع لشركة كرافتويك يونيـون في إيرلانغين بألمانيا، لإجراء تحليل لإعادة تحميل قلب المفاعل مـع نظـرائهم الألمـان، وذلـك بموجب عقد لنقل التكنولوجيا ينص على إجراء تصميم مشترك بين الطـرفين. وتـم نقـل جميع أدوات التصميم إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قبل عودة هؤلاء المهندسـين إلى كوريا بحلول عام 1987. وقد قامت شركة كرافتويك يونيون ومعهـد بحـوث الطاقـة الذرية الكوري بتصميم أول وقود لإعادة تحميل قلب المفاعل، ثم صـنّعته شركـة الوقـود النووي الكورية في دايـدوك، وتـم تحميلـه في وحـدات كـوري النوويـة. وهـذه التجربـة

الناجحة في مشاريع التصميم المشترك لوقود إعادة التحميل أعطت دفعة قوية في اتجاه تنفيذ مشروع أكبر وأكثر تعقيداً؛ وهو مشروع تصميم النظم النووية للتزويد بالبخار. والآن أصبح الطريق ممهداً لتوسيع تجربة الوقود لجميع نظم المفاعلات في محطات الطاقة النووية مع مختلف الجهات المتخصصة.

التحضير والاستعدادات

بعد اختيار كومبسشن إنجنيرينغ كشركة فائزة بعطاء مشروع يونغوانغ 3 و4 وشريك في النظام النووي للتزويد بالبخار في سبتمبر 1986، أُعيد تخطيط قسم نظم مفاعلات الطاقة بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليكون على نسق نظيره بشركة كومبسشن إنجنيرينغ في وينزر. وكنا نعلم من البداية أن أنجع طريقة لاستيعاب تكنولوجيا تصميم النظم تكمن في تقليد البنية التحتية التقنية المتوافرة في شركة كومبسشن إنجنيرينغ قدر الإمكان، وذلك استعداداً لبعثات التصميم المشترك المقبلة، والتي تشمل خمسة تخصصات تقنية: هندسة المفاعلات، وهندسة نظم الموائع، والتصميم والتحليل الميكانيكي، وأجهزة الرقابة والتحكم، وتحليل السلامة. كان تعداد القوة البشرية في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد بلغ أكثر من 80 موظفاً عندما أُرسِل الفريق الأول («المجموعة أ» المكونة من 46 مهندساً) إلى وينزر في نهاية عام 1986، حيث ارتفع عدد أعضاء المجموعة من 33 عضواً قبل نحو عام فقط. وبالفعل انتشر الخبر داخل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وخارجه بأن المشروع النووي الأكثر طموحاً في التاريخ على وشك أن يبدأ. لقد تلقينا تأكيدات، ومن ثم كنا محظوظين أن ننجح في استقطاب موظفين جدد خارج نطاق التفويض الحكومي بشأن القوة العاملة، لأن تكلفة القوة العاملة بأكملها كانت ضمن تكلفة مشروع يونغوانغ حالما تم التوقيع على العقود. كان قسم نظم مفاعلات الطاقة مكوّناً من خمس مجموعات تقنية مؤلفة من مهندسين متعلمين تعليماً عالياً؛ يحملون درجات جامعية عليا (نحو 50 في المئة يحملون درجة الماجستير، و30 في المئة يحملون درجة الدكتوراه، و20 في المئة درجة البكالوريوس) في التخصصات الهندسية،

وخصوصاً النووية والميكانيكية والكهربائية والكيميائية، والفيزياء. وكان فريق الإدارة الأساسي لقسم نظم مفاعلات الطاقة في عام 1986 منظّماً على النحو المبيَّن في الجدول (11-1)، مع ما يقابله من مديري هندسة النظم النووية للتزويد بالبخار في شركة كومبسشن إنجنيرينغ.

الجدول (11-1)

الفريق الإداري الكوري لنُظم مفاعلات الطاقة والفريق الأمريكي المقابل له، لعام 1986

مجموعات التخصصات	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري	كومبسشن إنجنيرينغ
هندسة المفاعلات	كوه جونغ-إيو (ها يونغ-جون)	ريغيس ماتزي
هندسة نظم الموائع	لي بيونغ-ريونغ (هان غيو-سيونغ)	جوي لونغو
التصميم والتحليل الميكانيكي	سوهن غاب-هيون (بارك سونغ-هو)	دان بيك
أجهزة الرقابة والتحكم	هاهم تشانغ-شيك (هان جاي-بوك)	بيل غيل
تحليل السلامة	كيم دونغ-سو (كوه بيونغ-ريونغ)	فريد كاربنتينو

(أسماء موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري التي بين الأقواس هي أسماء قادة الفريق الأوائل في وينزر).

بالإضافة إلى ذلك، كان المطلوب إتقان اللغة الإنجليزية بمستوى عالٍ لضمان القدرة على استيعاب التفاصيل المتعلقة بالمهمة المقبلة. لذلك نُظِّمت في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري دورات تدريبية في التخاطب باللغة الإنجليزية مع مدرسين أمريكيين. وبالنظر إلى الشهادات الأكاديمية، قد يبدو أعضاء فريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مؤهلين تأهيلاً جيداً أو أكثر من مؤهلين، لكننا بالتأكيد كنا نعاني نقصاً واضحاً (حقيقة، كنا لا نملك شيئاً) في القوة البشرية المتمرسة التي تملك خلفية عن تصميم نظم المحطات النووية، ففي عام 1986 لم يكن يوجد في كوريا شخص واحد يحمل هذه المؤهلات. لقد كنّا جميعاً شباباً متعلمين تعليماً جيداً ومتحمسين، لكننا لا نملك خبرات عملية تُذْكر. وكان السبيل الوحيد للتغلب على هذا النقص هو إخضاع الفريق لسلسلة من الدورات التدريبية الصارمة التي تتضمن تدريباً داخل قاعات التدريس وتدريباً في

أثناء العمل ومشاركة في العمل؛ أي ما أُطلِق عليه لاحقاً «التصميم المشترك» أو «التصميم المشترك للنظام»، إضافة إلى القيام بزيارات ميدانية لمحطات الطاقة النووية، ومواقع تصنيع مكوناتها.

وفي أكتوبر 1986 نظّم مشروع التعاون التقني بالوكالة الدولية للطاقة الذرية دورة تدريبية مهمة داخل قاعات التدريس بمجمع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، استمرت لستة أسابيع، وكانت مصمَّمة بصفة خاصة لمهندسي تصميم النظم في المعهد. وبعد أسبوعين فقط من إعلان الفائز بعطاء مشروع يونغوانغ 3 و4، تم التوقيع على مذكرة تفاهم مختصرة بين شركة كومبسشن إنجنيرينغ ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري للتدريب المتطور على تصميم النظم. لقد كان الجميع متلهفين وعلى استعداد لتحمل المخاطر من أجل الحصول على التدريب، بالرغم من أن المفاوضات حول العقود الرئيسية لم تكن قد بدأت بعد. لقد استطعنا جلب معظم الإداريين أو المشرفين المهندسين بشركة كومبسشن إنجنيرينغ كمحاضرين. وأعطت إدارة كومبسشن إنجنيرينغ أولوية قصوى لإرسال أفضل مديريها التقنيين (وجميعهم لأول مرة) إلى كوريا. وقد كان كل من ريغيس ماتزي (هندسة مفاعلات)، ودان بيك (التصميم والتحليل الميكانيكي)، وبيل غيل (أجهزة التحكم والسيطرة) ضمن المجموعة الأولى من مديري كومبسشن إنجنيرينغ الذين جاؤوا إلى كوريا. وفي أثناء ساعات التدريب الرسمي داخل قاعات التدريس، وبعدها، كانوا متحمسين لهذه الفرصة التي أتيحت لأول مرة للتعرف إلى نظرائهم الكوريين، إلى جانب توصيل المواد التقنية. ويستذكر ماتزي زيارته الأولى لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بالقول:

> «فوجئت بمقابلة ذلك العدد الكبير من حملة الدكتوراه الشباب، لكن كوه جونغ-إيو وفريقه جعلوني أشعر وكأني في منزلي منذ اليوم الأول. كنا نخرج مع مجموعة هندسة المفاعلات لتناول الغداء، وتعرفنا إليهم على نحو شخصي، وقد أعجبت بحماستهم في الحقل الهندسي. وشعرت بأنهم يمتلكون القدرة العقلية التي تمكنهم من إتقان معرفة تصميم النظم في أقصر وقت. وبدا فريق كوه جونغ-إيو أكاديمياً أكثر من كونه عملياً، لكنه كان منسجماً تماماً مع مجالي التخصصي؛ مجال هندسة المفاعلات».[1]

من الواضح أن هذا النوع من البناء الأوّلي للعلاقات كانت آثاره باقية عندما انتقلوا إلى وينزر لمهمة التصميم المشترك في الأشهر اللاحقة. فقد تشكّلت صداقة فكرية/ ذهنية بين المهندسين والمشرفين والمديرين من الجانبين، متجاوزة الحواجز الثقافية والجغرافية. ولعل درجة الصداقة بين المؤسستين قد تختلف من فريق إلى آخر تبعاً للطبيعة الشخصية لكل مدير، غير أنني شعرت بارتياح عام يكفي لأن أحكم بأننا ملتزمون التزاماً كاملاً بما نحن بصدده، وأن لدينا أفضل المعلمين والموجهين منذ البداية.

أخذنا محاضري شركة كومبسشن إنجنيرينغ إلى غيونغجو، العاصمة القديمة لسلالة شيلّا، بعد الدورة التدريبية الأولى في قاعات التدريس، التي تبيَّن أنها كانت فعالة في فهم الثقافة الكورية وتطوير روح الفريق. (فقد رأوا تاج تشيون ماتشونغ الذهبي الأصلي لسلالة شيلا في متحف غيونغجو الوطني في ذلك الوقت). وكرمز للتعاون الدائم والصداقة الراسخة، قدّم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري تاج شيلا الذهبي لشركة كومبسشن إنجنيرينغ في عام 1988. (لحسن الحظ، مازالت هذه التحفة الرمزية تحتل اليوم مكانها بفخر في قاعة المدخل الرئيسي بمحطة وستنجهاوس في وينزر). هذه الإشارة الصغيرة إلى التعاون الذي تحقق خلال العقدين الماضيين جديرة بأن نعود إليها مرة أخرى اليوم. إنها توضّح كيف أن الحلم الكوري بتحقيق الاعتماد الذاتي التقني قد أصبح واقعاً بفضل التعاون والشراكة القوية مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ، كما هو منقوش على لوحة صغيرة مربوطة إلى التاج، يقول النص المكتوب عليها:

> «هذه النسخة المطابقة لأصل تاج شيلا الذهبي القديم (تشيون ماتشونغ، القرن الخامس الميلادي تقريباً) قُدِّمت لشركة كومبسشن إنجنيرينغ الهندسية بمناسبة حفل افتتاح مكتب معهد بحوث الطاقة الذرية في وينزر الذي أُقيم في 29 يناير 1988. إنها رمز لشراكة طويلة الأمد بين شركة كومبسشن إنجنيرينغ ومعهد بحوث الطاقة الذرية من خلال التصميم المشترك ونقل التكنولوجيا إبان تنفيذ مشروع يونغوانغ 3 و4. إن مساهمة كومبسشن إنجنيرينغ في المساعدة على ترسيخ تكنولوجيات الطاقة النووية المحلية لها الفضل في تحقيق الاستقلال في مجال الطاقة في جمهورية كوريا».

نقل التكنولوجيا على الطريقة الكورية

استغرق الأمر فترة زمنية قصيرة نسبياً قبل أن يبدأ دمج «الحجّاج الكوريين» في إدارات تصميم النظم النووية للتزويد بالبخار في شركة كومبسشن إنجنيرينغ في وينزر. وبعد أسبوعين من التدريب التوجيهي الذي تلقته «المجموعة أ» من المهندسين الكوريين الذين وصلوا حديثاً إلى وينزر في يناير 1987، تم توزيعهم على الإدارات الهندسية لتصميم النظم النووية للتزويد بالبخار لتلقّي تدريب في أثناء العمل خلال الأشهر الأربعة التالية. لقد كانت تلك هي الفترة الحاسمة لفريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لكي يثبتوا جدارتهم في القيام بأعمال تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار للمرة الأولى، في حين تم دمجهم تماماً في البنية التحتية المتوافرة في شركة كومبسشن إنجنيرينغ.

في نهاية برنامج التدريب في أثناء العمل الذي استغرق أربعة أشهر، تم تقييم كل مهندس كوري، وأُعلِن أنهم جميعاً مؤهلون للعمل، دون حدوث حالة فشل واحدة. ورغم أوجه القصور في اللغة الإنجليزية، فقد اجتاز جميع أعضاء الفريق الاختبارات الأولية للعمل كمهندسي تصميم في بدء أنشطة تصميم وهمية ومراجعتها والحصول على موافقة المشرفين. وأُرسِل أول تقرير غير رسمي من لي بيونغ-ريونغ (أول مدير هندسي لفريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر) حول سير العمل إلى الرئيس هان عبر الفاكس بنهاية مارس 1987، وكان تقريراً مكوناً من 17 صفحة مكتوبة بخط اليد.

كان لي بيونغ-ريونغ يعرب عن رضاه للتقدم الذي أحرزه كل عضو من أعضاء الفريق في التدريب خلال العمل، استعداداً لبدء التصميم المشترك الحقيقي مباشرة بعد التوقيع الرسمي على عقد مشروع يونغوانغ. وتم تنفيذ منهج دراسي مفصل حول المهام الفرعية، والهدف، ووصف التصميم، والمنتجات النهائية، ومتطلبات التفاعل، والجدول الزمني لأنشطة التصميم لكل عضو، كما هو متفق عليه. وكان مشرفو كومبسشن إنجنيرينغ يجرون تقييماً لأعضاء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من حيث معرفتهم بالموضوع التقني، ومهارات الاتصال. إن خلاصة التقرير الذي أرسله لي بيونغ-ريونغ

تؤكد على ثقته بمجالات تقنية تصميم النظام في حد ذاتها، لكنه قدم توصية لتحسين قدرات إدارة المشاريع في التخطيط، وجدولة الوقت، وتوزيع القوة العاملة، والتنسيق البيْني، والأهم من ذلك كله ضبط الجودة وضمانها. وكانت هذه هي المهام التي لم يكن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مستعداً لها استعداداً كافياً في البداية. وفي الواقع، لم نكن نعرف ما سيستغرقه دمج أنشطة تصميم النظم الواسعة في جميع التخصصات المختلفة لكي نصل إلى البدايات الرئيسية للمشروع.

أُخذت توصية لي بيونغ-ريونغ على محمل الجد بعد التوقيع على العقد، وبدء أنشطة التصميم المشترك على نطاق شامل في مايو 1987. وبفضل العمل الجاد الذي بذله العديد من فرق إدارة المشروع بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر، أقرت إدارة المعهد بالحاجة إلى إقامة شبكة للمنطق الهندسي Engineering Logic Network. لقد استطاعت هذه الفرق اكتساب دراية ومعرفة كافية من شركة كومبسشن إنجنيرينغ حول أفضل السبل لإعداد عمليات دمج تصميم النظم في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، إلى جانب الجدول الزمني ومراقبة التكاليف. وتم إنشاء مكتب منفصل لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر ليضطلع ببناء القدرات في إدارة المشاريع، بما في ذلك ضبط الجدول الزمني وضبط الجودة ومراقبة الوثائق. وقدّم لي بيونغ-ريونغ مساهمة مهمة خلال الفترة الأولى من تولي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري دور مهندس تصميم النظم في وينزر. وطُلِب من جميع الأعضاء الحضور إلى العمل قبل الموعد الرسمي بثلاثين دقيقة، والبقاء ساعتين بعد ساعات العمل الرسمية، حتى في أيام السبت، وذلك لعقد حلقات دراسية داخلية. لم يتجرأ أحد على الشكوى، لأن هناك الكثير الذي يجب تعلمه واستيعابه. واضطلع لي بيونغ-ريونغ بالدور القيادي في تطوير الوسائل التي تمكّن كل واحد منهم من تنظيم عمله على نحو أفضل، والتعرف إلى أنشطة الآخرين، علاوة على تحسين مهارات التواصل باللغة الإنجليزية، بما في ذلك طريقة طرح الأسئلة على الموجهين من شركة كومبسشن إنجنيرينغ. لابد من الاعتراف بدور لي بيونغ-ريونغ الرئيسي في المرحلة المبكرة، كمدير هندسي لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر، في بناء روح الفريق.

وفي تسعينيات القرن العشرين، قدم مساهمة كبيرة أخرى للقطاع النووي الكوري عندما كان يعمل مديراً لمشروع تصميم النظم لمحطة ألتشين 3 و4 بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وذلك باختيار نموذج محطة الطاقة النووية الكورية المصممة وفقاً للمعايير الموحدة لتطبيقه في مشروع كيدو، باتخاذ محطة ألتشين3 و4 كمحطة مرجعية. (الفصل السابع من هذا الكتاب يتناول هذا الموضوع). كما عمل لي بيونغ-ريونغ مديراً لمكتب منطقة يوسيونغ، وهو منصب عمومي في مدينة دايجون يأتي شاغله بالانتخاب، ويُشرف على مدينة دايدوك للعلوم في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.

وصلت موجة إضافية من مهندسي التصميم الكوريين إلى وينزر في عامي 1987 و1988 ضمن «المجموعة ب» (13 مهندساً)، و«المجموعة ج» (22 مهندساً) للانضمام إلى أنشطة التصميم المشترك، بعد أن خضعوا للتدريب نفسه الذي خضعت له «المجموعة أ». إجمالاً، أُرسل أكثر من 200 مهندس من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال سنوات المشروع، والتي بلغت ذروتها في عام 1988 بوجود 120 مهندساً كورياً في وينزر. وابتداءً من عام 1989 أخذ عدد مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في وينزر ينحسر تدريجياً؛ لأنهم أكملوا مهام التصميم المشترك وعادوا إلى الوطن (كان فريق التصميم الأساسي الأوّلي أول العائدين) للعمل في تصميم المشروع في دايدوك.[2]

التكامل مع الموجّه

إن تصميم محطة الطاقة النووية، وبناءها، مهمة معقدة تتطلب مشاركة الألوف من المتخصصين المتمرسين العاملين في العديد من المنظمات والمؤسسات المختلفة، وغالباً ما يكون معظمهم مهندسين من مختلف التخصصات. إن تصميم نظام المفاعل (أو النظام النووي للتزويد بالبخار، بلغة الصناعة النووية) من بين المهام الأكثر صعوبة، وتحدياً. وكان البُعد الإضافي للمهمة المعقدة التي بين أيدينا هو إقامة تكامل بين مؤسسات في بلدين يقع كل منهما على الطرف الآخر من المحيط الهادي، لبدء عملية التصميم في

الولايات المتحدة أولاً، ثم نقل مركز التصميم بأكمله بعد ذلك إلى كوريا لإكمال النصف الثاني من العمل بموجب ما يُسمّى «خطة الانتقال» Transition Plan.

وتصنَّف أنشطة تصميم نظام المفاعل في ثلاثة مستويات مختلفة: المستوى الأول هو «التصميم النظري» conceptual design، الذي يتطلب عدة مئات من الأنشطة المستقلة لتحديد هيكل نظام المفاعل المناسب لمستوى الطاقة المطلوب، ونظام التجهيز، ونظام السلامة. والمستوى الثاني هو تصميم يتطلب نحو 1800 نشاط تصميمي منفصل، يُسمى «التصميم الأساسي» basic design، ويكفي لإصدار «تقرير التحليل الأوَّلي للسلامة» PSAR، ومواصفات التصميم للمعدات التي يتطلب تجهيزها وقتاً طويلاً، مثل وعاء المفاعل ومولدات البخار. أما المستوى الثالث فيسمى «التصميم المفصل» detail design، ويتطلب عادة 2000 نشاط تصميمي لإنتاج جميع الوثائق ومخططات البناء والمشتريات والاختبارات النهائية لبدء التشغيل؛ فعندما تتقدم أي شركة مرافق بطلب لتوريد محطة طاقة نووية جديدة، يكون لدى المورِّد عادة تصميم أساسي موثق من السلطة الرقابية الوطنية، على أن يعاد وضع التصميم المفصل وفقاً لتصميم المحطة النووية التي تناسب الموقع المحدد وعناصر التحديث حسب الضرورة.

ظهرت صعوبة في المهام العملية لأعضاء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال السنة الأولى من التصميم المشترك للنظام في وينزر في عام 1987. وكان لابد من أن يحدث ذلك لأن كلا الطرفين لديه وجهات نظر متضاربة؛ فقد كان فريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري عازماً على تعلُّم التكنولوجيا الأساسية في أقصر وقت ممكن في أثناء إقامتهم في وينزر (أعطي كل واحد مدة عامين)، لذلك كانوا يريدون الوصول إلى أنشطة التصميم الأكثر تحدياً وتعقيداً ما أمكن. إضافة إلى ذلك، كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بمنزلة العميل لشركة كومبسشن إنجنيرينغ، على الرغم من علاقة الموجّه/ المتدرب التي يشتركان فيها. لقد أكدنا في عقد التصميم المشترك للنظام أن يوفّر معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري 50 في المئة من مجمل أنشطة التصميم، هكذا دون أن نعرف بالضبط أي 50 في المئة من الأنشطة.

من ناحية أخرى، أُلقيت على عاتق شركة كومبسشن إنجنيرينغ المسؤولية العامة والتزامات الضمان التعاقدية، إذا حدث فشل في الوفاء بموعد التسليم المحدد أو في ضمان الأداء. كانت قدرات أعضاء معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ومهاراتهم الاتصالية لاتزال غير مثْبتة لشركة كومبسشن إنجنيرينغ بدرجة كافية، رغم أنهم اجتازوا جميعاً اختبار الحد الأدنى، بعد الشهور الأربعة الأولى من التدريب في أثناء العمل في وينزر. وهذا الوضع غير المريح للطرفين كان أكثر صعوبة في هندسة نظم الموائع، وذلك أساساً لأن طبيعة أنشطة التصميم تتسم بالتكرار ويقل فيها الابتكار، وربما بسبب الشخصيات المشاركة في هذه الأنشطة. وقد يكون ذلك عملاً مملاً لشخص يحمل درجة الدكتوراه ومازال في مقتبل العمر. وفي مجال الأجهزة والمراقبة، كثيراً ما تتداخل أنشطة التصميم وتتخطى الحدود الفاصلة بين تصميم النظم وتصميم المكوّنات، بحكم طبيعتها، ما يزيد الوضع تعقيداً. (وبرغم أن لي بيونغ-ريونغ، المدير الهندسي كانت لديه بعض المشاكل مع المهام العملية، فقد كان يواجه بعض مديري كومبسشن إنجنيرينغ شديدي المراس، وكان عليه أن يتخذ مواقف لم تكن دائماً مستحبة. عموماً، أدّى لي بيونغ-ريونغ عملاً جيداً في ظل وضع لم يسبق له مثيل). ومع مرور السنوات، حُلَّت هذه المشاكل الأوَّلية على نحو مُرضٍ لكلا الطرفين. ويمكنني أن أؤكد الحقائق من خلال العديد من المقابلات مع الكثيرين من كلا الطرفين في أثناء كتابة هذا الكتاب. وبطبيعة الحال، فإن النتيجة النهائية لنقل التكنولوجيا دون حدوث حالة انسحاب واحدة بين أكثر من 200 من مهندسي معهد البحوث الذرية الكوري لا تحتاج إلى إثبات؛ فهي تتحدث عن نفسها.[3]

كانت أنشطة تصميم النظم تتطلب إعداد وثائق، سواء وثائق مواصفات التصميم وبيانات التصميم بغرض الشراء أو التصنيع، أو وثائق لإطلاع جهات أخرى مثل المهندسين المعماريين، أو سجلات الحسابات والرسومات. وتُعد جميع هذه الوثائق ملكاً للشركة وتصبح جزءاً من ملكيتها الفكرية. وكل وثيقة من هذه الوثائق يصادق عليها، ويوقّع عليها الكاتب (مهندس خبير)، ومراجع مستقل، وسلطة للموافقة مكوّنة من المشرفين الفنيين. وقد تعلّم أعضاء فريق التصميم المشترك إعداد الآلاف من هذه الوثائق

بطريقة مهنية عالية. وتم استخدام نظام مراقبة الوثائق، المعروف باسم «نظام توثيق الهندسة النووية» NEDS، الذي ابتكرته شركة كومبسشن إنجنيرينغ خلال مشروع بالو فيردي السابق. وكان نظام مراقبة الوثائق هذا مفيداً لجميع الأطراف خلال مسيرة المشروع، حيث جعل إدارة هذه الوثائق أكثر دقة وتنظيماً. وسمح النظام للكوريين فعلياً بحرية الوصول إلى جميع الوثائق التقنية المشمولة بحقوق الملكية في أي وقت. لقد كان نظام مراقبة الوثائق دليلاً على شفافية شركة كومبسشن إنجنيرينغ وعقليتها المنفتحة.

كان هذا الموقف المؤسسي يمثل الفارق الرئيسي الذي يميز شركة كومبسشن إنجنيرينغ عندما فضلناها في المقام الأول على منافستها، شركة وستنجهاوس، وثبت أنها كانت تمارسه بأمانة خلال مسيرة المشروع. وأستطيع القول بأن موقف شركة كومبسشن إنجنيرينغ كان هو إعطاء الكوريين كل ما لديها، كل المعرفة التقنية التي تمتلكها، دون أي تحفظات. وفي إحدى المرات، في المرحلة المبكرة، أجرى مسؤولو شركة كومبسشن إنجنيرينغ في وينزر نقاشات داخلية حول مدى السماح للكوريين بالوصول إلى التكنولوجيا المملوكة للشركة، وإلى أي مستوى ينبغي أن تُفتح أمامهم. وقد أوضح نائب رئيس الشركة، بوب نيومان، هذا الموضوع للجميع، بقوله:

> «علينا أن نتذكر أن هذه الفرصة الوحيدة في حياتنا. وإذا لم ننجح في نقل كل ما في وسعنا إلى الكوريين، فلن يكون لتكنولوجيتنا أي نفع بعد ذلك، وربما نُلقي بها في نهر كونيتيكت».[4]

هذه الحكاية البسيطة كانت تمثل مجمل الثقافة/ السياسة المؤسسية لشركة كومبسشن إنجنيرينغ بشأن نقل التكنولوجيا. لقد كانت نعمة حقيقية مكنت كوريا من تحقيق هدف الاعتماد الذاتي التقني الذي كانت تصبو إليه. وتمكن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من إقامة نظام خاص به لمراقبة الوثائق، يشرف عليه مركز مراقبة وثائق التصميم، في دايدوك، ويتضمن قاعدة بيانات إلكترونية تعمل بشكل كامل، يمكن الوصول إليها من أي حاسوب مصرح به في الشبكة الداخلية.

خطة الانتقال

إن الخطة الأصلية لنقل مركز تصميم النظام من شركة كومبسشن إنجنيرينغ إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري كانت مضمّنة في وثائق العقد الخاص بالتصميم المشترك ونقل التكنولوجيا، والتي تنص على أننا يجب أن نتوصل إلى خطة انتقال محددة في غضون 18 شهراً بعد التوقيع على العقد. وكانت تلك واحدة من أعظم المهام التي أوكلت إليّ كمدير لمشروع تصميم نظام يونغوانغ 3 و4، وكان عليّ التوصل مع نظيري، جيمس كروفورد، مدير هندسة النظام النووي للتزويد بالبخار في شركة كومبسشن إنجنيرينغ، إلى خطة يوافق عليها الطرفان. وبعد العديد من الاجتماعات والمداولات، تمكنّا من التوقيع على وثيقة تُسمّى «خطة الانتقال» في 1 مايو 1988. وكانت تلك الخطة ترمي إلى تنفيذ عملية الانتقال المادي للقوة البشرية وأدوات التصميم، بما في ذلك رموز الحاسوب ووثائق التصميم والبنى التحتية الداعمة. وفي غضون عام واحد، سيكون مركز يونغوانغ لتصميم نظام المفاعلات في مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في دايدوك يعمل بكامل طاقته، دون انقطاع في الجدول الزمني للمشروع. وهذه الخطة تتضمّن أيضاً نقل طاقم المشرفين من شركة كومبسشن إنجنيرينغ، وأُسرهم، ليعيشوا في دايجون لفترة طويلة، بالإضافة إلى عودة جميع مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري المغتربين إلى وطنهم تدريجياً.

لقد كانت خطة طموحة. وفي منتصف عام 1988 بدأت الخطوة الأولى لتسليم تقرير التحليل الأوّلي للسلامة إلى الجهة الرقابية الكورية، والدخول في نقاشات جادة حول الترخيص. وكان صب وسبك المكوّنات الثقيلة، مثل وعاء المفاعل ومولدات البخار، يجري في مصنع الشركة الكورية للصناعات الثقيلة بمدينة تشانغوون، وذلك بناءً على مواصفات تصميم النظام الخاصة بنا، وكانت أنشطة البناء التي تقوم بها شركة هيونداي للهندسة والإنشاء تسير بوتيرة عالية في موقع يونغوانغ. لم يكن أحد يشك في أن مركز الثقل قد بدأ ينتقل إلى كوريا، وكان علينا أن نعود سريعاً إلى الوطن لنكون قريبين من الأنشطة الحقيقية الجارية هناك.

وكان أول موظف تقني من شركة كومبسشن إنجنيرينغ يأتي من وينزر إلى دايجون للبقاء لفترة طويلة هو روبرت كيركمان الذي حضر في يناير 1988 لتثبيت الرموز الحاسوبية في مركز الحواسيب بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، والتحقق منها. وكانت مهمته تتمثل في نقل الرموز الأصل والرموز الثنائية (رموز الحاسوب) الخاصة بتصميم النظام. وقد تم تثبيت أكثر من 110 رموز حاسوبية (بعضها تمتلكها شركة كومبسشن إنجنيرينغ وبعضها من طرف ثالث، إضافة إلى بعض الرموز التجارية) في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ثم أجريت فحوصات شاملة للتحقق منها.

وبحلول منتصف عام 1988 كانت جميع رموز التصميم (الرموز الحاسوبية) تعمل دون خلل، وفي الوقت المناسب لعودة فريق التصميم التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى الوطن. وبوجود الوثائق التي سُلِّمت فعلاً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في بداية عام 1987، أصبح مركز التصميم جاهزاً ومستعداً لدعم مواصلة العمل في تصميم النظام في دايجون. وعلى مدى مسيرة المشروع تم نقل 4600 من الوثائق والرسومات الخاضعة للملكية إلى مركز الرقابة على وثائق التصميم، أو تطويرها فيه.

عاد كيركمان مرة أخرى إلى وينزر بعد ستة أشهر من الإقامة في دايجون. وكان لخبرته العملية والحياتية في كوريا دور كبير في تبديد الكثير من القلق الذي كان يساور العديد من موظفي كومبسشن إنجنيرينغ الذين لديهم بعض المخاوف من الذهاب للعيش في كوريا وفقاً لخطة الانتقال. في الواقع، اتضح أن تجربته في العمل والعيش لأول مرة في دولة أجنبية غريبة ذات ثقافة مختلفة تماماً كانت تجربة إيجابية للغاية. فتلك التجربة أثبتت لشركة كومبسشن إنجنيرينغ أن أماكن الإقامة المريحة متوافرة بسهولة، وسط مجتمع كوري يحتفي بضيوفه، حيث يحرص السكان المحليون على تقديم المساعدة بأي شكل من الأشكال. ولاشك في أن العيش في دايجون كان صدمة ثقافية لموظفي شركة كومبسشن إنجنيرينغ أكثر مما كان العيش في وينزر صدمة ثقافية لمهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ وذلك لأن موظفي كومبسشن إنجنيرينغ لا يوجد بينهم من يتحدث اللغة

الكورية، في حين كان مهندسو معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يتحدثون اللغة الإنجليزية بمستوى معقول من الطلاقة.

بدأت الدفعة الأولى من مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري العودة إلى الوطن بنهاية عام 1988. وفي إبريل 1989، أُفتتح مكتب كومبسشن إنجنيرينغ في دايدوك رسمياً، وكان جاك بوكاك أول مدير موقع به. وكان دور بوكاك الأساسي يتمثل في تنسيق أنشطة التصميم بين وينزر ودايدوك. وجاء إلى دايدوك كل من توم ناتان، المدير الهندسي لمشروع يونغوانغ 3 و4، ودان بيك، مدير التصميم والتحليل الميكانيكي، للبقاء فيها لمدة ثلاثة أو أربعة أشهر بغرض تسريع عملية صنع القرار في الموقع.

بعد مضي أكثر من عامين من الخبرة المشتركة في تصميم النظم في وينزر، وعودة مهندسي التصميم المتمرسين إلى كوريا تدريجياً، وإعداد البنية التحتية للتصميم وتزويدها بالرموز الحاسوبية والوثائق بالكامل، شعرنا بأننا في وضع مريح لنبدأ نقل مركز التصميم إلى دايدوك في عام 1989. وكان دمج فريق التصميم المساعد في دايدوك مع مهندسي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري العائدين حديثاً من وينزر أسهل مما كان متوقعاً؛ وذلك لأن برنامج تدفق الوفود من وينزر وإليها كان مستمراً. وكان كل تحرك يسير وفقاً لخطة الانتقال. وكانت المهمة الرئيسية الأولى في مركز التصميم الجديد تتمثل في إنجاز تقرير التحليل النهائي للسلامة، الذي يعكس جميع تحديثات التصميم ومواصفاته أثناء سير العمل في بناء المحطة النووية. وكان من المقرر إنجاز أكثر من 1100 من أنشطة التصميم في دايدوك، بحيث يقود مهندسو معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري العمل، بينما تقوم شركة كومبسشن إنجنيرينغ بوظائف إشرافية حسب الحاجة. وكانت المبادئ التوجيهية لاختبار بدء التشغيل والتحديثات التنظيمية من بين العناصر ذات الأولوية العليا. وكان الدافع الحقيقي لمهندسي النظام هو الحصول على الفرصة لمشاهدة تصنيع وبناء المكوِّنات والنظم التي صمموها، من أجل التحقق منها وإصلاح أي خطأ يحدث في أثناء تنفيذ التصميم. أصبحت الزيارات المتكررة إلى مصنع الشركة الكورية للصناعات الثقيلة في

تشانغوون، حيث يجري تصنيع المكوِّنات الرئيسية مثل أوعية المفاعلات ومولدات البخار، وإلى موقع البناء في يونغوانغ، جزءاً روتينياً من أنشطة التحقق من التصميم. وفي عام 1992 تم افتتاح مكتب معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في موقع يونغوانغ رسمياً، بهدف الإسراع في الأنشطة الداعمة لبدء العمل.

شروط الضمان

لقد كان عقد مشروع يونغوانغ 3 و4 بالفعل فريداً من نوعه في العديد من الجوانب. إنه يطالب المقاولين الفرعيين الأجانب، مثل شركة كومبسشن إنجنيرينغ وشركة سارجنت آند لَندي، بتحمل مسؤوليات الضمان الكاملة، في حين يكونون مقاولين فرعيين للمقاولين الرئيسين الكوريين: الشركة الكورية للصناعات الثقيلة، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، والشركة الكورية لهندسة الطاقة، وشركة الوقود النووي الكورية. وبما أن المقاولين الرئيسيين الكوريين ليس لديهم أي خبرة سابقة في بناء محطة نووية بأكملها في ذلك الوقت، كان على شركة كيبكو إدخال شرط خاص يُقنع شركة كومبسشن إنجنيرينغ وشركة سارجنت آند لندي بتحمُّل مسؤوليات الضمان، وذلك من خلال تقسيم العقود الفرعية إلى ثلاث اتفاقيات تشتمل على توقيع شركة كيبكو. كان القصد من هذا الإجراء توفير حماية إضافية في حال فشل المقاولين الرئيسيين في تأدية أدوارهم وتحمُّل مسؤولياتهم. لكن، وكما اتضح لاحقاً، لم تكن هذه الحماية الإضافية ضرورية؛ لأن جميع المقاولين الرئيسيين الكوريين نجحوا في الوفاء بالتزاماتهم. وكان على شركة كومبسشن إنجنيرينغ تحمُّل النصيب الأكبر من التزامات الضمان، باعتبارها مالكة تكنولوجيا النظام النووي للتزويد بالبخار. وكان نطاق الضمانات يشمل:

- أداء إنتاج الطاقة الحراري في مولد البخار.
- الجدول الزمني للتسليم.
- دقة تصميم النظام.

- صحة بيانات الواجهة (في غرفة التحكم).
- الترخيص التنظيمي (من الهيئة الرقابية الكورية).
- تكاليف دورة الوقود.

كان واضحاً من البداية أن شركة كومبسشن إنجنيرينغ، مالكة التكنولوجيا، هي الجهة الوحيدة المؤهلة لتحمُّل شروط الضمان أعلاه. وقد تضمنت هذه الشروط صيغاً واضحة لتقييم الغرامات المالية في حال عدم الوفاء بأي من الضمانات. وكان أهمها جميعاً ضمان أداء الإنتاج الحراري. فقد اشتمل الضمان على غرامة مالية يمكن أن تبلغ الملايين من الدولارات إذا كان الإنتاج الحراري أقل من الكمية المحددة في الضمان. كان ذلك مقياساً لنجاح المشروع، وقد تحققت جميع شروط الضمان في مشروع يونغوانغ، ولم تحدث أي مطالبات تعاقدية ضد أي طرف من الأطراف بعد بدء التشغيل وإجراء اختبار الطاقة الكامل. وفي 30 مارس 1995 قبلت شركة كيبكو المحطة النووية للتشغيل التجاري دون قيد أو شرط.

إن الإشارة الحقيقية على تحقيق الاعتماد الذاتي التقني لابد من أن تتجلى في القدرة على تحمّل شروط الضمان كاملة، بما فيها العبء المالي. لقد كان على المقاولين الرئيسيين الكوريين انتظار مشروع المحطات النووية الثاني؛ مشروع أُلتشين 3 و4 الذي تم التوقيع عليه في عام 1991، لكي يتحملوا جميع التزامات الضمان لأول مرة. وكان هذا هو السبب الرئيسي الذي جعل محطات أُلتشين 3 و4 أول الوحدات التي أُطلِق عليها اسم «المحطات النووية الكورية المعيارية».

تراكم القوة العاملة

يمكن للمرء أن يتذكر أن الموظفين التقنيين العاملين في تصميم النظم كان عددهم الأصلي 33 موظفاً فقط عندما أُنشئ قسم تصميم نظم مفاعلات الطاقة بمعهد بحوث

الطاقة الذرية الكوري في عام 1985. وفي غضون السنوات العشر التالية ازداد عدد هؤلاء الموظفين إلى نحو 400 موظف تقني مسؤولين عن تصميم نظم المفاعلات للعديد من مشاريع محطات الطاقة النووية التي يجري بناؤها في وقت واحد: مشروع يونغوانغ 3 و4، وأُلتشين 3 و4، ويونغوانغ 5 و6، ومشروع منظمة كيدو الخاص بكوريا الشمالية، وأُلتشين 5 و6. وبحلول عام 1995 كانت عملية مشروع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بأكمله في ذروة تشغيله، بوجود خمسة أقسام للمشروع (يونغوانغ، وأُلتشين، وولسونغ، ووقود مفاعلات الماء الخفيف، ومنظمة كيدو)، يساندها قسم التصميم في الإدارة القائمة على أسلوب المصفوفة. ولأن مشاريع محطات الطاقة النووية كان بينها فاصل زمني يبلغ عامين، كان لابد من استمرار تدفق القوة العاملة من مشروع إلى آخر، ومن قسم تصميم إلى قسم مشروع (أو العكس)، وذلك حفاظاً على مستوى مناسب من توزيع القوة البشرية لكل مشروع في أي وقت من الأوقات. وخُصِّص فريق إداري لكل مشروع ليضطلع بضبط الواجهة، والجدول الزمني، والتكلفة، ومراقبة الجودة، بالإضافة إلى إدارة مكاتب المواقع البعيدة عن مكتب دايدوك الرئيسي (في وينزر، ويونغوانغ، وأُلتشين، وولسونغ).

كانت تكنولوجيا تصميم النظم تمثل عنصراً مركزياً، وتوجد في قسم التصميم المكون من خمس إدارات تقنية: هندسة المفاعلات، وهندسة نظم الموائع، والتصميم الميكانيكي، والأجهزة والتحكم، وتحليل السلامة. وقد استأثر مشروع يونغوانغ 3 و4 بأكبر حصة من القوة العاملة (ما يوازي 988 سنة عمل، على الأقل) للتعامل مع نقل التكنولوجيا ومع تصميم النظم المشترك الذي بدأ في وينزر أولاً ثم انتقل إلى دايدوك في منتصف المشروع. في حين أن القوة البشرية العاملة في تصميم النظم المشترك كانت تنفذ أنشطة التصميم وفقاً لجدول بناء المشروع، وتم تخصيص قوة بشرية إضافية لدعم تصميم النظم من أجل متابعة نقل التكنولوجيا من حيث استيعاب المعرفة التقنية. ويوضح الجدول (11-2) مدى مشاركة موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في تصميم النظم فعلياً في مشروع يونغوانغ 3 و4 وحده خلال الفترة 1987- 1996، التي استغرقها المشروع.

الجدول (11-2)

مساهمة القوة البشرية الكورية في تصميم النظم المشترك في مشروع يونغوانغ 3 و4، (1987-1996)

تصميم النظم المشترك	وينزر	133 سنة عمل
	دايدوك	164 سنة عمل
دعم تصميم النظم	دايدوك	494 سنة عمل
إدارة المشروع		155 سنة عمل
ضمان الجودة		44 سنة عمل
التدريب		58 سنة عمل
دعم بدء التشغيل		15 سنة عمل
الإجمالي		**1,063 سنة عمل**

حشدت شركة كومبسشن إنجنيرينغ نحو 300 سنة عمل من الجهد في المشروع الأول، ثم انخفض ذلك إلى أدنى مستوى بعد تكرار العديد من المشاريع. وكانت هناك حاجة إلى المزيد من القوة البشرية في دايدوك بعد تنفيذ خطة الانتقال. وتم تخصيص نحو نصف إجمالي القوة البشرية لأنشطة دعم تصميم النظم في دايدوك، لتؤدي أنشطة تتضمن:

- تصميم مجسمات، وتصميم مكرر للأنشطة التقنية المهمة.
- المراجعة التقنية، وتقارير التحليل بشأن وثائق الملكية المختارة.
- إعداد الكتيِّبات الإرشادية والإجراءات الداخلية للتصميم المعياري.
- إنشاء نظام ضمان جودة التصميم، للحصول على شهادة الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية ASME N-stamp.
- تثبيت جميع رموز التصميم الحاسوبية الواردة من شكة كومبسشن إنجنيرينغ، والتحقق منها، وصيانتها لتكون جاهزة تماماً للعمل في كل الأوقات.
- تشغيل مركز مراقبة وثائق التصميم في دايدوك لفرز الوثائق وتخزينها وتوزيعها.

جاء هذا الجهد الإضافي من احتياطي القوة العاملة التي دُرِّبت للعمل في المشاريع الجديدة المقبلة، مثل أُلتشين 3 و4 ويونغوانغ 5 و6. وفي الواقع، ما بدا أنه إفراط في استخدام القوة البشرية في البداية اتضح أنه البرنامج النموذجي لتدريب القوة العاملة وتنميتها؛ من التدريب في قاعة التدريس، إلى التدريب في أثناء العمل، إلى تصميم النظم المشترك لمشروع يونغوانغ 3 و4 كأول مشروع، ثم الانتقال بعد ذلك إلى مشاريع لاحقة. لقد كان كل هذا ممكناً بفضل استمرار كوريا في بناء الأسطول المعياري الموحّد المكوّن من 12 محطة نووية إضافية خلال السنوات العشرين الماضية: يونغوانغ 3 و4، وأُلتشين 3 و4، ويونغوانغ 5 و6، وأُلتشين 5 و6، وشين-كوري 1 و2، وشين-ولسونغ 1 و2، وجميعها من الجيل الثاني من محطات الطاقة النووية (اللفظة «شين» تعني «الجديد» باللغة الكورية، لذلك فإن «شين-كوري» تشير إلى موقع جديد لمحطات الطاقة النووية بالقرب من موقع «كوري القديم»). إن العلامة الأساسية على تحقيق الاعتماد الذاتي التقني تتجلى في القدرة على تولِّي مسؤوليات تسليم محطات الطاقة النووية الجديدة وضمان أدائها. وفي حين أن شركة كومبسشن إنجنيرينغ كانت مسؤولة عن ضمانات مشروع يونغوانغ 3 و4، كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مسؤولاً عن جميع مشاريع تصميم النظم اللاحقة، بدءاً من مشروع أُلتشين 3 و4.

مهمة تحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني بحلول عام 1995

في 7 ديسمبر 1995 كان هناك احتفال هادئ يجري في المكتب الرئيسي لشركة كيبكو في سيول، عقب ندوة تقييم الاعتماد الذاتي التقني. وقد أعلن خبراء من الداخل، والخارج أيضاً، أن الهدف المزدوج المتمثل في التشغيل التجاري لوحدة يونغوانغ 3 وبلوغ نسبة 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني قد تحقق فعلاً. وكان تصميم مضخة تبريد المفاعل، ونظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة في غرفة التحكم الرئيسية، والرموز الحاسوبية المملوكة لطرف ثالث هي العناصر الوحيدة التي لم يتم توطينها بعد، وتمثل نسبة الـ5 في المئة المتبقية من الاعتماد الذاتي التقني الكامل. ويبدو أن استراتيجية التصميم المشترك

الفريدة قد نجحت في التغلب على نقص القوى العاملة المدرّبة، والميزانية، والوقت. لقد تنفس جميعنا الصعداء فرحاً بتحقيق هذا الهدف الرئيسي. لقد كنا على الأقل نعلم أننا قادرون على نسخ/ تكرار تصميم محطات الطاقة النووية نفسها محلياً. وكان التحدي التالي هو كيفية الانتقال إلى تصميم نموذج لمفاعل كوري بشكل حقيقي وفعلي يستطيع منافسة نماذج الجيل الثالث التي يعمل المزوّدون الدوليون الآخرون على تطويرها. لقد كانت جميع المؤشرات إيجابية من حيث استعدادنا لمواجهة التحدي التالي: تطوير مفاعلات الجيل التالي الكورية.

من اليوم الأول لبداية مشروع يونغوانغ 3 و4، أعلنت شركة كيبكو عن هدف تحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني في تصميم وبناء محطات الطاقة النووية بأكملها بحلول عام 1995، مع اكتمال الوحدة 3 من المشروع، ولهذا أُطلق على المهمة اسم «95 بحلول 95». في البداية، لم يكن واضحاً قط ما المقصود بعبارة «95 في المئة من الاعتماد الذاتي»، وكيفية قياس التقدم في تحقيق هذا الهدف. وبفضل نظام المساءلة الصارم الذي تتبعة شركة كيبكو في إدارة المشاريع تمكن فريق إدارة المشروع التابع لمجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية من التوصل إلى اتفاق على صيغة تتضمن عوامل توزين نسبية قد تقود إلى إجراء تقييم للهدف (هدف تحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي) بحلول عام 1995. والجدول (11-3) يوضح الصيغة المتفق عليها.

ومن المثير للاهتمام أن الاعتماد الذاتي في تصميم الوقود وتصنيعه وبناء المواقع قد تحقق بنسبة 100 في المئة بحلول عام 1995، نتيجة للخبرات السابقة في بناء محطات الطاقة النووية وإعادة تحميل الوقود. وتم الاتفاق على عوامل التوزين النسبية بناء على أسعار العقود التي تغطي جميع تكنولوجيات الطاقة النووية في مجالات التصميم والتصنيع والبناء. وكانت جميع المؤسسات النووية (التي كونت مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية منذ عام 1985) تعلم يقيناً أنها بصدد مواجهة أصعب التحديات في تاريخها، وتم طمأنة كل مؤسسة بحقوقها ومسؤولياتها الحصرية في أسطول المحطات النووية الموحَّد المقبل.

الجدول (3-11)

صيغة عوامل التوزين الرئيسية لتقييم هدف الاعتماد الذاتي

الفئة	المؤسسة	عامل التوزين	هدف الاعتماد الذاتي (٪)
الإدارة العامة المشروع	شركة الطاقة الكهربائية الكورية (كيبكو)	15	98
تصميم المحطة النووية	شركة هندسة الطاقة الكورية	21	95
تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري	7	95
التصميم الأساسي الأوّلي	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري	2	100
أجهزة النظام النووي للتزويد بالبخار	الشركة الكورية للصناعات الثقيلة	24	87
التوربينات والمولدات	الشركة الكورية للصناعات الثقيلة	11	98
تصنيع الوقود	شركة الوقود النووي الكورية	3	100
البناء	هيونداي للهندسة والإنشاء	17	100
الإجمالي		**100**	**95**

كانت إحدى مسؤولياتي الرئيسية كمدير لمشروع تصميم النظم، تتمثل في وضع خطط التنفيذ السنوية المفصّلة لبرنامج الاعتماد الذاتي التقني، والتأكيد على مراجعة سير تقدّمه شهرياً. وقد عُقد العديد من الاجتماعات الداخلية والخارجية في دايدوك وتشانغوون وسيول للمناقشة والتحاور مع المؤسسات الأخرى. في تلك الأيام كانت متابعة الآلاف من أنشطة التصميم المختلفة، والتعرف على نقاط الضعف أمراً أشبه بالكابوس. لقد كانت خطوة ضرورية لكسب الثقة، والبدء في فهم أوجه القصور التي نعانيها؛ أي تحديد ما لم نكن نعرفه حقاً. إن معرفة الأسباب know-why وراء الشكل الذي تأخذه التكنولوجيا كانت عملية طبيعية بعد المعرفة التقنية know-how، وذلك بتكرار مشاريع بناء محطات نووية تكاد تكون متطابقة، والدفاع عن ملاءمة التصميم وكفاءته في كل مشروع جديد أمام المؤسسة الكورية للسلامة النووية وشركة كيبكو،

للتأكيد مجدداً على تطبيق تصميم المشروع السابق، وتبرير التغييرات التي تم دمجها في المشاريع الجديدة.

في موازاة ذلك تم تنفيذ عقد نقل التكنولوجيا، متضمناً ما يلي: (1) نقل الوثائق والرموز الحاسوبية وحقوق براءات الاختراع، (2) إجراء سلسلة من الدورات التدريبية لمصممي النظم، (3) تدريب منفصل لمشرفي ومديري المشروع، (4) توفير جهاز خاص لمراقبة الحواسيب. وبُذلت جهود إضافية في مشاريع البحوث والتطوير الخاصة بـ«نظام 80+» مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ، من أجل كسب المزيد من المعرفة استعداداً لمفاعلات الجيل التالي المقبلة. وبهذا المعنى تكون مهمة «95 بحلول 95» قد أُنجِزت على نحو فاق التوقعات الأصلية. وكان هناك سبب وجيه للاحتفال في ليلة 7 ديسمبر 1995.[5]

الفصل الثاني عشر

متاعب متزايدة

في معظم مشاريع الطاقة النووية في أي مكان، يحتل استخراج تراخيص السلامة والمسائل التنظيمية مركز الصدارة دائماً. وكان وضع مشروع يونغوانغ 3 و4 أكثر دراماتيكية من المشاريع الكورية السابقة، حيث إنه حطم العديد من الأرقام القياسية في كوريا. فقد كان أول مشروع لمحطات الطاقة النووية تتولى فيه المؤسسات المحلية دور المقاول الرئيسي. وكان أول (وآخر) مشروع تجري فيه المؤسسات المحلية عمليات التقييم واختيار شركاء التكنولوجيا من الولايات المتحدة الأمريكية. وكان أول (وآخر) مشروع يتضمن عقوداً موازية لنقل التكنولوجيا، وأول مشروع لما أصبح الأسطول الكوري من محطات الطاقة النووية المعيارية الموحدة. وكان أول مشروع أنشئت خلاله هيئة السلامة النووية المستقلة تماماً؛ أيْ المؤسسة الكورية للسلامة النووية التي تعمل بالإنابة عن وزارة العلوم والتكنولوجيا التي تعد الجهة المسؤولة عن الرقابة النووية. والأهم من ذلك كله أنه كان أول مشروع يُبنى بعد أولمبياد سيول التي أقيمت عام 1988، وهي الفترة نفسها التي مثّلت نقطة تحول تاريخية لصالح الديمقراطية في كوريا. ويلخص الجدول (12-1) الأحداث البارزة المتعلقة بالتراخيص.

الجدول (12-1)

أبرز الأحداث المتعلقة بالتراخيص

التاريخ	الحدث
ديسمبر 1981	إنشاء مركز السلامة النووية بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري
إبريل 1986	وقوع حادثة تشرنوبل
ديسمبر 1986	إرسال أول فريق لتصميم النظم من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى وينزر

إبريل 1987	التوقيع على عقود مشروع يونغوانغ 3 و4.
مارس 1988	إرسال موظفي مركز السلامة النووية إلى وينزر للتدريب على تصميم النظم لفترة 10 أسابيع
أكتوبر 1988	استجواب في الجمعية الوطنية بشأن قضايا السلامة (قضايا الحجم النسبي للطاقة الحرارية/ الهيدروليكية)
ديسمبر 1989	الحصول على ترخيص البناء بشروط
فبراير 1990	تحويل مركز السلامة النووية إلى المؤسسة الكورية للسلامة النووية، المستقلة تماماً عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري
سبتمبر 1994	منح رخصة التشغيل بشروط (مسألة نظام السلامة النووية بتخفيض الضغط)
مارس 1995	التشغيل التجاري للوحدة 3
ديسمبر 1995	الإعلان عن تحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني
ديسمبر 2010	احتفال المؤسسة الكورية للسلامة النووية بعيدها السنوي العشرين

ترخيص السلامة النووية المستقل

في نهاية ثمانينيات القرن العشرين كان جميع المشاركين في المشروع يدركون تماماً أن الاعتماد الذاتي التقني في مجال التراخيص التنظيمية لا يقل أهمية عن تصميم محطة الطاقة النووية وبنائها نفسه. كان لمشروع يونغوانغ 3 و4 أهمية خاصة للسلطة التنظيمية/ الرقابية الوطنية لأنه كان المشروع الأول من عدة نواحٍ، وتداخلت فترة تنفيذه مع أهم فترات التحول الديمقراطي الكوري عقب أولمبياد سيول. ويمكن إرجاع أصل السلامة النووية في كوريا إلى عام 1980، عندما برزت فكرة مركز السلامة النووية نتيجة لحادثة إغلاق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (مذكورة بالتفصيل في الفصل الثاني). وبانخراط معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري عميقاً في مشاريع الطاقة النووية التجارية في منتصف ثمانينيات القرن العشرين، بدأ تضارب المصالح يتزايد داخل المعهد بين مركز السلامة النووية والمشاريع التجارية، بما في ذلك توطين الوقود النووي وأنشطة تصميم نظم المفاعل؛ فكان هناك طرف يروج لامتلاك الطاقة النووية من خلال مشاريع توطين الوقود وتصميم النظم لمشروع يونغوانغ 3 و4، في حين أن الطرف الآخر -وهو مركز السلامة

النووية- أصبح محبطاً على نحو متزايد باعتباره الجهة التنظيمية المساندة لوزارة العلوم والتكنولوجيا.

بعد كثير من النقاش والمداولات الداخلية في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، علاوة على تزايد الضغوط السياسية لتعزيز معايير السلامة النووية، أصبح مركز السلامة النووية الكورية أخيراً مستقلاً عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في فبراير 1990، ككيان منفصل يرفع تقاريره مباشرة إلى وزارة العلوم والتكنولوجيا، وسُمّي هذا الكيان الجديد «المؤسسة الكورية للسلامة النووية»، للدلالة على جود نظام رقابي أكثر استقلالاً في كوريا. وتم تعيين لي سانغ-هون، مدير مركز السلامة النووية، أول رئيس للمؤسسة الكورية للسلامة النووية، إضافة إلى نحو 80 موظفاً تقنياً نُقلوا من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري ليكونوا الأعضاء المؤسسين لهذا الجهاز الرقابي الجديد. وصدر ترخيص بناء مشروع يونغوانغ 3 و4 في 21 ديسمبر 1989 في ظل توقع تام بأن النظام الرقابي الجديد سيصبح مستقلاً عما قريب. لقد وفر مشروع يونغوانغ 3 و4 فرصاً لا تقدر بثمن للاعتماد الذاتي في قدرات الرقابة على السلامة في كوريا التي تم تعزيزها الآن بوجود المؤسسة الكورية للسلامة النووية المستقل. وقد عولج أكثر من 11 ألف سؤال وجواب متعلق بالسلامة التقنية في أثناء مراجعة ترخيص البناء. لقد كانت تلك المرة الأولى التي يمارس فيها جهاز رقابي محلي صلاحياته ومسؤولياته الكاملة منذ بداية بناء المحطات النووية الجديدة. لقد كان ذلك فجر عصر جديد في مجال السلامة النووية في كوريا.

وكان كوه بيونغ-جون ولي سونغ-هيوك من كبار المسؤولين في المؤسسة الكورية للسلامة النووية. وقد سألت كوه بيونغ-جون عن أكثر ما يتذكره عندما التقيته مؤخراً في الاحتفال الذي أقيم في دايجون بمناسبة العيد العشرين للمؤسسة الكورية للسلامة النووية، فقال:

> «مما لاشك فيه، كان مشروع يونغوانغ أول فرصة أمام المؤسسة الكورية للسلامة النووية لإثبات كفاءتها التقنية كجهاز رقابي وطني مستقل. ومازلت أتذكر الحجج التقنية بعد

> المجادلات حول بعض القضايا الرئيسية. كان علينا إرضاء أنفسنا بالوصول إلى تفاصيل القضية. إنني أشعر بالفخر لتمكني، أنا وزملائي في المؤسسة الكورية للسلامة النووية، من مواجهة التحدي».

وعندما صدر تصريح البناء لمشروع يونغوانغ 3 و4 في ديسمبر 1989، كان مربوطاً بشرطين رئيسيين: أحدهما بشأن تقييم سلامة المفاعل الهجين المُصغَّر، والآخر متعلق بالقدرة على التخفيف السريع للضغط عند وقوع حادثة. وقد أحدثت قضايا الترخيص تأثيراً كبيراً في المؤسسة الكورية للسلامة النووية، وكذلك في المرخَّص لهم، من حيث تنفيذ التصميم والبناء، كما هو موضح أدناه.

«الحجم النسبي الحراري-الهيدروليكي»

عندما عُقدت جلسة المراجعة الأولى في الجمعية الوطنية في أكتوبر 1988، بعد حفل اختتام دورة الألعاب الأولمبية ببضعة أسابيع فقط، كان الهدف الأول إجراء تحقيق بشأن سلامة مشروع يونغوانغ 3 و4. وكان هذا التحقيق يقوده كبار زعماء الحزب المعارض، مثل وانغ بيونغ-تاي. لقد جاء وانغ وآخرون بمزاعم وادعاءات بأن سلامة محطة الطاقة النووية غير مضمونة ولا يمكن التأكد منها لأن تصميم النظام الأساسي كان نسخة «هجين مصغَّرة»؛ لذا فهي ليست مُثْبتة أو مجرَّبة، مشيرين ضمناً إلى وجود مخالفات مالية سياسية. وفجأة أصبح المشروع الأضخم والأكثر طموحاً على شفير حافة الوقوع في فضيحة سياسية لاأخلاقية وغير مأمونة العواقب. لقد طالب وانغ باستخراج شهادة ترخيص من مفوضية الرقابة النووية الأمريكية لإثبات سلامة المشروع. وكانت حجته تتلخص في أن تصميم نظام يونغوانغ 3 و4 لم يكن سوى نسخة مصغرة من محطة بالو فيردي النووية المجرَّبة في أريزونا (من حجم 1300 ميغاواط كهربائي)، مزودة بقلب مفاعل شبيه بمفاعل محطة ANO-2 النووية بولاية أركنساس (من حجم 1000 ميغاواط كهربائي، وهو نفس حجم محطة يونغوانغ 3 و4). وتعرض ما سمي بـ«تصميم المفاعل الهجين المصغر» الخاص بمحطة يونغوانغ 3 و4 النووية لانتقادات عنيفة في وسائل

الإعلام الكورية لكونه غير مجرَّب وسلامته غير مُثبَتة. وكانت جميع أسئلة التحقيق المتعلقة بالسلامة محصورة في جانب تصميم نظام المفاعل، ما وضعني أنا وزملائي بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكورية تحت دائرة الضوء.

وفي أغسطس 1988 أرسل عضو الكونغرس الكوري، كيم جونغ-شيك، خطاب تحقيق رسمياً إلى لاندو زيك، الذي كان وقتها رئيساً لمفوضية الرقابة النووية الأمريكية، يقول فيه: «إننا نشعر بالقلق تجاه ما إذا كان تصميمنا الحالي لمشروع يونغوانغ 3 و4 (وهو مزيج مصغر من نظام 80 وما قبل نظام 80) يمكن ترخيصه في الولايات المتحدة أم لا ...».

وجاءت رسالة الرد من رئيس مفوضية الرقابة النووية الأمريكية، زيك، تحمل رفضاً مهذباً، كما هو متوقع، حيث قال: «كما تعلمون، فإن مفوضية الرقابة النووية الأمريكية لا تُجري تقييمات لسلامة المحطات الطاقة النووية المصدَّرة من الولايات المتحدة إلى بلد آخر؛ فمثل هذه التقييمات تُعد من مسؤوليات البلد المتلقي ...».

ومع ذلك، أعطت مفوضية الرقابة النووية الأمريكية أسماء أربعة مختبرات نووية وطنية أمريكية (أرغون، وبروكهافن، ولوس ألاموس، ومختبر أيداهو الهندسي الوطني) يمكن أن توفر التقييم الفني للسلامة الحرارية/ الهيدروليكية لقلب مفاعل هجين مثل تصميم محطة يونغوانغ 3 و4.

من خلال مفوضية السلامة النووية الأمريكية وشركة كومبسشن إنجنيرينغ، أبرمنا عقداً للمراجعة التقنية مع مختبر أيداهو الهندسي الوطني في الولايات المتحدة، بأولوية قصوى، لكي يجري تقييماً لسلامة مفاعل يونغوانغ المكون من النسخة المصغرة لتصميم نظام 80. هذه القضية أصبحت تُعرف لاحقاً بقضية «الحجم النسبي الحراري/ الهيدروليكي»، وقد ساهمتْ كثيراً في أن يصبح نظام مفاعلاتنا مفهوماً تماماً للجهات الرقابية، وللمرخَّص لهم أيضاً. أصدر مختبر أيداهو الهندسي الوطني تقريراً موضوعياً بعنوان «الآثار الحرارية-الهيدروليكية للحجم النسبي» في أغسطس 1989 خلص فيه إلى

الآتي: «لقد اتضح أن الفروق بين الوحدة التي لها قدرة 3,817 ميغاواط حراري والوحدة التي لها قدرة 2,825 ميغاواط حراري أدت إلى زيادة الهوامش، ...»، مؤكداً صحة افتراضات التصميم الأساسية المتعلقة بهوامش السلامة الإضافية الموجودة في صلب تصميم مفاعل يونغوانغ 3 و4 مقارنة مع المحطة النووية المرجعية؛ أي محطة بارلو فيردي النووية. وقد اعتُبر هذا التقرير موثوقاً به وعادلاً بما يكفي لإقناع نواب الحزب المعارض في كوريا. والأهم من ذلك مثَّل التقرير الفرصة التي أتيحت لمصممي النظام الجديد في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لكي يفهموا الآلية الأساسية التي تحكم السلوك الحراري/ الهيدروليكي في مفاعل الطاقة، وهو الجانب الأكثر أهمية لسلامة مفاعل الطاقة. جوهرياً، سلط التقرير الضوء على ما يشبه التشريح للمفاعل على نحو لم يحدث من قبل.[1]

وبالرغم من أن رخصة البناء قد مُنِحت في الوقت المناسب، فإن أحد الشروط المصاحبة لقضية قلب الفاعل الهجين المصغّر كان إثبات عدم وجود أي اهتزاز وتآكل مفرط. لقد اعتُبر قلب المفاعل المصغر المستخدم في محطة يونغوانغ 3 و4 من الفئة غير النموذجية، وهذا يتطلب إجراء اختبار للاهتزاز. وقد أجرت مفوضية الرقابة النووية الأمريكية تعديلاً على دليل تنظيمي جديد خاص بهذه المتطلبات، عُرف باسم «البرنامج الشامل لتقييم الاهتزاز» CVAP. وبعد عدد من الاجتماعات بين العاملين في مدينتَي وينزر الأمريكية ودايدوك الكورية لمناقشة التصميم والتحليل، وبين العاملين في مدينتَي تشانغوون الكورية ونيوينغتون الأمريكية لمناقشة تصنيع مكونات المفاعل، تم إجراء اختبار إضافي للقياس والاهتزاز في ورشة التصنيع في الولايات المتحدة. علاوة على ذلك، أُجريت قياسات في الموقع للمكونات الداخلية لمفاعل الوحدة 3 من محطة يونغوانغ، خلال عملية اختبار التشغيل الحار الذي خضعت له. ولحسن حظ الجميع، أثبتت عملية التفتيش النهائية للمكونات الداخلية بعد الاختبار عدم وجود أي علامة على التآكل أو الاهتراء المفرط. لقد استغرق الأمر خمس سنوات تقريباً لمعالجة قضية «الهجين المصغَّر» على نحو يرضي الجميع؛ من تحليل مختبر أيداهو الوطني الأمريكي إلى اختبار الاهتزاز في

موقع يونغوانغ. وكان ذلك أول درس رئيسي في مجال الترخيص مستفاد من هيئة تنظيمية مستقلة حديثاً في كوريا.

«صمّام تشانغ»

لعل قضية «نظام السلامة بتخفيف الضغط» (SDS) كانت أهم قضايا الترخيص طوال فترة المشروع بأكمله، ما أدى إلى التغييرات الدائمة في جهاز الضغط ونظام إزالة الحرارة الناتجة عن الانحلال الإشعاعي. ويمكن للمرء أن يتذكر أن أحد المتطلبات في أعقاب حادثة جزيرة ثري مايل كانت إزالة (أو استبدال) صمام التحكم في جهاز الضغط. لقد كان سبباً مباشراً لحادثة ثري مايل في عام 1979 عندما انفتح الصمام وتعذّر إغلاقه. فكان العلاج الفوري هو إزالة هذا الصمام من مرحلة التصميم ومن محطات الطاقة النووية التي تم بناؤها في بداية ثمانينيات القرن العشرين، مثل محطة بارلو فيردي النووية، التي لا توجد بها صمامات للتحكم في جهاز الضغط. وبما أن محطة بارلو فيردي كانت تمثل التصميم المرجعي لمشروع يونغوانغ 3 و4، فمن الطبيعي أن نتوقع التصميم نفسه؛ إذ إن المشروع بدأ في عام 1987.

كان المجتمع النووي الدولي بصدد وضع شروط جديدة لمعالجة النهج المتبع في تحليل الحوادث الخطيرة وتصميم النظام النووي للتزويد بالبخار في ثمانينيات القرن العشرين. ولأنه لم يكن هناك الكثير من المشاريع الجارية لبناء محطات طاقة نووية في ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين في أعقاب حادثة تشرنوبل، كان يونغوانغ 3 و4 المشروع الوحيد الجديد تحت الإنشاء بتصميم أمريكي الأصل. والمفهوم الجديد لنظام السلامة بتخفيف الضغط المترافق مع نظام الإحلال والتبديل في جهاز الضغط برز كمعيار صناعي جديد تم اعتماده في تصميم مفاعل الماء الخفيف المتقدِّم في الولايات المتحدة (واعتُمِد لاحقاً في تصميم نظام 80+ الذي طورته شركة كومبسشن إنجنيرينغ). وكان الفريق الاستشاري الدولي للسلامة النووية بالوكالة الدولية للطاقة الذرية لديه مجموعة من آراء خبراء السلامة الدولية التي تهدف إلى تبنّي نظام السلامة بتخفيف الضغط في جميع محطات

الطاقة النووية الجديدة. ولو قُدِّر لهذا النظام الجديد (نظام السلامة بتخفيف الضغط) أن يُعتمَد في مشروع يونغوانغ 3 و4، لكان إضافة رئيسية إلى أجهزة الضغط المركّبة أصلاً في وحدتيْ المحطة (3 و4) في الموقع. وهذا كان يعني زيادة كبيرة في تكلفة المشروع أو تأخيراً محتملاً في إنجازه. وكان التوتر يزداد في اجتماعات مراجعة المشروع، واجتماعات مناقشة الترخيص بين المؤسسة الكورية للسلامة النووية وشركة كيبكو ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كومبسشن إنجنيرينغ والخبراء الخارجيين. إنها معركة صغيرة في عام 1991 بين هيئة الترخيص الكورية التي أنشئت حديثاً، أي المؤسسة الكورية للسلامة النووية، والتي كانت تدفع في اتجاه تركيب النظام الجديد (نظام السلامة بتخفيف الضغط)، وبين فِرَق المشروع في شركة كيبكو التي كانت مترددة في قبول أي تغيير إضافي كبير في التصميم.

قد يكون تشانغ سون-هيونغ، أستاذ الهندسة النووية بالمعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا في دايجون، صاحب المسؤولية الكبرى في القرار الخاص بقضية نظام السلامة بتخفيف الضغط المتعلقة بالترخيص لمشروع يونغوانغ. لقد عاد تشانغ إلى كوريا في عام 1982، وهو يحمل درجة الدكتوراه في الهندسة النووية من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، متخصصاً في علم الهيدروليكيات الحرارية للحوادث الخطيرة. وتزامنت عودته مع حملة الاعتماد الذاتي التقني التي انطلقت مع بداية مشروع يونغوانغ 3 و 4. وبدأ تشانغ يشارك في محطات الطاقة النووية الجديدة كعضو في اللجنة الاستشارية لسلامة المفاعلات النووية، بصفته متخصصاً في الحوادث الخطيرة. علاوة على ذلك، عمل عضواً في الفريق الاستشاري الدولي للسلامة النووية بالوكالة الدولية الطاقة الذرية خلال الفترة 1991-1998، عندما كانت قضية نظام السلامة بتخفيف الضغط في ذروتها. وقد سألت تشانغ عن قناعته بعد ما يقرب من عشرين عاماً، وكيف كان متيقناً إلى هذا الحد ليصر على مثل هذا التغيير في التصميم، وهو قادم من منصب أستاذ جامعي، فأجاب:

«كان يونغوانغ 3 و4 أول مشروع محطات نووية حقيقي تحت الإنشاء، منذ وقوع حادثة ثري مايل، يعالج قضية الحوادث الخطيرة. وعن طريق أعضاء الفريق الاستشاري

الدولي للسلامة النووية، كنت مدركاً تماماً أن إدخال آلية جديدة لتخفيف الضغط، مثل نظام السلامة بتخفيف الضغط، سيكون شرطاً إلزامياً لجميع مفاعلات الماء الخفيف المتقدّمة في المستقبل. وكانت مفوضية الرقابة النووية الأمريكية على وشك إصدار دليل تنظيمي جديد حول هذا الموضوع. وبما أن مشروع يونغوانغ 3 و4 كان بداية للعديد من المحطات النووية الكورية المعيارية المقبلة، فإن فشلنا في يونغوانغ كان سيعني أننا لن نستطيع تنفيذه في وقت لاحق».[2]

قدّم تشانغ نداءات ومناشدات المرة تلو الأخرى، مطالباً بأن يكون في وحدات يونغوانغ 3 و4 النووية صمامات لتخفيف الضغط من أجل إزالة الحرارة المتبقية الناتجة عن الانحلال الإشعاعي في حال وقوع حادثة خطيرة. واستطاع إقناع مديري تصميم النظم بشركة كومبسشن إنجنيرينغ، بمن فيهم ريغيس ماتزي وتوم ناتان. وقد عُرف ذلك الصمام المقترح باسم «صمام تشانغ»، وكان السؤال المطروح يدور حول «إدخال» أو «عدم إدخال» صمام تشانغ في مشروع يونغوانغ. وكانت شركة كيبكو في عام 1992، ومعها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كومبسشن إنجنيرينغ والشركة الكورية لهندسة الطاقة، في مأزق بشأن الخطوة التالية التي يجب اتخاذها. سوف يستغرق الأمر قدراً كبيراً من الإضافات لجهاز تخفيف الضغط المركَّب أصلاً في المفاعل؛ كما كانت المخاطرة عالية في مرحلة ترخيص التشغيل؛ لأن موعد التشغيل التجاري سيتأخر ما لم تُحَل قضية «صمام تشانغ» حلاً كاملاً. وفي هذه المرحلة الحاسمة، اتخذ رئيس شركة كيبكو، رِي تشونغ-هون، ومدير مشروع يونغوانغ 3 و4، بارك يونغ-تايك، قراراً استراتيجياً بالمضي قدماً في تغيير تصميم نظام السلامة بتخفيف الضغط، لكن كإجراء طوعي محض بدلاً من كونه خطوة رسمية في طريق الحصول على ترخيص. ونجح هذا الإجراء في حفظ ماء الوجه لكلا الطرفين؛ فقد تأكدت الهيئة الرقابية من تركيب صمام تشانغ، في حين نالت شركة كيبكو الثقة والإعجاب في الداخل والخارج بأنها صاحبة رؤية مستقبلية تقدمية. وقد عُدّت تلك من الحالات التي ربح فيها جميع المشاركين. وهكذا، تم تركيب نظام السلامة بتخفيف الضغط في وحدات يونغوانغ 3 و4 بطريقة طوعية، فتميزت عن محطة بارلو فيردي التي كانت المحطة المرجعية. إن من دواعي الارتياح أن ينظر المرء إلى الوراء لما

حدث قبل عشرين سنة تقريباً: فنظام السلامة بتخفيف الضغط يقلل تكرار وقوع الحوادث الخطيرة بمقدار عشرة أضعاف، كما يتبيَّن من التحليل الاحتمالي للسلامة. وكانت وحدات يونغوانغ 3 و4 أول محطة نووية في العالم يوجد بها نظام للسلامة بتخفيف الضغط مُدْمج في جهاز الضغط، وهذا أكثر ما يميز تصميم المحطات النووية الكورية المعيارية مقارنة بالمحطة المرجعية (محطة نظام 80) كما هي الحال في محطة بارلو فيردي النووية. واليوم نجد أن تصاميم مفاعلات الماء المضغوط المتقدمة تتضمن النظام السريع لتخفيف الضغط، مثل نظام السلامة بتخفيف الضغط، كتصميم معياري.[3]

الضمانات المتكاملة

لقد تزامن مشروع يونغوانغ 3 و4 أيضاً مع أكثر فترات الدبلوماسية النووية اضطراباً في شبه الجزيرة الكورية، والتي كانت خارجة عن السيطرة تماماً من وجهة نظر فريق المشروع. فعقب انضمام الكوريتين الشمالية والجنوبية رسمياً إلى عضوية الأمم المتحدة في 17 سبتمبر 1991، أقدمت حكومة الرئيس روه تاي-وو في آخر يوم من عام 1991 على اتخاذ خطوة سياسية جريئة بالتوصل إلى اتفاق مع كوريا الشمالية بشأن الاستخدام غير العسكري للطاقة النووية. هذا الإعلان الأحادي، الذي عرف باسم «الإعلان المشترك لنزع السلاح النووي من شبه الجزيرة الكورية»، وقّع عليه رئيس وزراء كوريا الجنوبية، تشونغ وون-شيك، ونظيره الشمالي، يون هيونغ-موك. وكان أبرز ما تضمنه هذا الإعلان المشترك: (1) ينبغي على الكوريتين عدم تطوير أي أسلحة نووية، وأن يستخدما الطاقة النووية للأغراض السلمية فقط، (2) ينبغي على الكوريتين عدم امتلاك منشآت لتخصيب الوقود النووي وإعادة معالجته، (3) يجب على الكوريتين إنشاء اللجنة المشتركة للرقابة النووية لتنفيذ عمليات التفتيش المتبادل للمنشآت النووية. لقد كانت النية حسنة لتعزيز السلام والأمن في شبه الجزيرة الكورية عن طريق منع كوريا الشمالية من المضي قدماً في طموحها لتصنيع أسلحة نووية، حيث تزامن ذلك مع مصادقة كوريا الشمالية على معاهدة منع الانتشار النووي واتفاقية الضمانات الشاملة مع الوكالة الدولية

للطاقة الذرية. وسيكشف التاريخ أن هذا الإعلان قد تخلت عنه كوريا الشمالية أحادياً في السنوات اللاحقة. والمثير للاهتمام أن هذا الإعلان المشترك ترك إرثاً دائماً لكوريا الجنوبية يدفعها إلى إعداد نفسها على نحو أفضل في مجال منع الانتشار النووي.

بدأت حكومتا الكوريتين، كما هو منصوص عليه في الإعلان المشترك، تنفيذ عمليات التفتيش المتبادلة من خلال إنشاء اللجنة المشتركة للرقابة النووية مباشرة في عام 1992، دون أدنى معرفة بما يعنيه التفتيش النووي. وعقدت اللجنة المشتركة للرقابة النووية سلسلة من الاجتماعات في مدينة بانمونجوم (مدينة حدودية مشهورة في المنطقة المنزوعة السلاح، على بعد 40 كيلومتراً إلى الشمال من سيول) لمناقشة الإجراءات التفصيلية لبدء عمليات التفتيش المتبادل. وتمت مناقشة مواضيع المواقع النووية، واختيار المفتشين، وكيفية التفتيش والإبلاغ، غير أن ذلك كله انتهى دون جدوى؛ لأن كوريا الشمالية كانت تطالب بإدراج المواقع العسكرية في عمليات التفتيش. وباسترجاع ما حدث، يبدو واضحاً أن كوريا الشمالية لم تكن لديها أي نية حقيقية لفتح منشآتها النووية للتفتيش من قِبَل كوريا الجنوبية، ولم يكن موقفها ذاك إلا إيماءة سياسية. ومع ذلك، تم تنظيم فريق عمل مؤلف من وزارة العلوم والتكنولوجيا، ووزارة الدفاع، ووزارة التوحيد، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بغرض إعداد وتدريب المفتشين النوويين الذين سيُرسَلون إلى كوريا الشمالية في حال تنفيذ عمليات التفتيش المتبادل. لقد كنتُ من بين الخبراء النوويين الذين تم اختيارهم للانضمام إلى فريق العمل بصفتي متخصصاً في المفاعلات. وكنا نعلم بوجود العديد من مفاعلات الجرافيت، وأنشطة تصنيع الوقود وإعادة معالجته في مركز يونغبيون النووي في كوريا الشمالية، الذي كان الهدف الرئيسي للتفتيش. ولم تكن كوريا الجنوبية تمتلك أي خبرة تقنية في مجال الضمانات أو الرقابة على المواد النووية في بداية تسعينيات القرن العشرين، وكان الأمر متروكاً برمته للوكالة الدولية للطاقة الذرية. غير أن عمليات التفتيش المتبادل ساعدت في تغيير هذا الوضع تماماً. وخضع فريق العمل لدورات تدريب مكثفة بمساعدة الحكومة الأمريكية. وتم تنظيم محاضرات في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وإجراء تجارب عملية استُخدم فيها

العديد من أدوات التفتيش وأجهزة الكشف عن النيوترونات. وتم إرسال فريق العمل إلى المختبرات النووية الأمريكية في مدينة أوك ريدج بولاية تينسي وفي مدينة لوس ألاموس بولاية نيومكسيكو، لتلقّي تدريب بالمحاكاة على مفاعلات الجرافيت، وخطوط إعادة معالجة الوقود النووي. وفي منتصف عام 1993 تم تدريب الفريق وإعداده بالكامل، وأصبح جاهزاً لبدء مهمة التفتيش المتبادل. لقد كانت تجربة غريبة لشخص متخصص في التقنيات النووية مثلي أن يكون جاهزاً (ذهنياً وجسدياً) لمهمة محتملة في يونغبيون بكوريا الشمالية، دون غيرها من الأماكن على وجه الأرض، والتي كانت مكاناً سرياً معزولاً تماماً عن العالم الخارجي. ولحسن الحظ -أو لسوئه- لم تتحقق هذه المهمة قط، لأن الشمال تخلى عن جميع المعاهدات والاتفاقيات النووية الدولية والثنائية في السنوات التالية للأزمة النووية في كوريا الشمالية، (تناولنا هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل السابع).

إن للتاريخ طريقة غريبة في سيرورته، وحتى في تغيير مهنة المرء بطريقة لم تخطر على بال أحد. فعلى الرغم من أن قصة التفتيش المتبادل في بداية تسعينيات القرن العشرين تبين أنها حلم مستحيل، فقد لفتت انتباه العالم إلى قضية منع الانتشار النووي التي كان العديد من المؤسسات النووية الكورية يعتبرها «تابو» (محرَّماً) في ذلك الوقت. فإذا كان لنا أن نتنقل إلى مستوى أعلى من التكنولوجيا النووية، بما في ذلك تكنولوجيات دورة الوقود الحساسة، فقد كان من المنطقي أن تكون لدينا تكنولوجيا للرقابة على المواد النووية، لكن ذلك كان مجالاً مهملاً في كوريا. وبطموح أكثر قليلاً، إذا كان لنا أن ندخل في تجارة نووية أكثر جدية مع الدول الأخرى، مثل تصدير محطات الطاقة النووية، يبدو أنه من المستحسن ترسيخ هذا النوع من التكنولوجيا قبل كل شيء. وتبعاً لذلك، اتخذ شين جاي-إن، رئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قراراً بتأسيس مركز تكنولوجيا جديد للرقابة النووية في معهد بحوث الطاقة الذرية في عام 1994. وكانت مهمته تتلخص في إقامة بنية تحتية وطنية للنظام الحكومي لمراقبة حصر المواد النووية في كوريا الجنوبية بالتعاون مع برنامج التفتيش التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية وفقاً لاتفاق الضمانات الشاملة. لقد أعطيت لي الفرصة للعمل مديراً للمركز التكنولوجي للمراقبة النووية (1995-2000) حينما كنت

أعمل عضواً في المجموعة الاستشارية الدائمة لتنفيذ الضمانات، بصفة مستشار للمدير العام بالوكالة الدولية للطاقة الذرية. فمن ناحية، فتح لي ذلك الباب للتعرف على المجال الجديد في التكنولوجيا النووية، المتعلق بتخصصات منع الانتشار النووي ونزع السلاح. وقد كانت هذه التخصصات مهملة إلى حد كبير في كوريا الجنوبية، إلى أن جاءت فكرة التفتيش المتبادل مع كوريا الشمالية.

ويرجع تاريخ التكنولوجيا المستخدمة في مراقبة المواد النووية وحصرها، إلى بداية سبعينيات القرن العشرين في الولايات المتحدة، عندما وُضِعت معاهدة منع الانتشار النووي، ثم تلتها اتفاقيات الضمانات الشاملة التي يجرى تنفيذها مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في فيينا. وفي عام 1972، أنشأ كبار العلماء من مختبرات الأسلحة الأمريكية، مثل لوس ألاموس وسانديا، جمعية تقنية جديدة اسمها «معهد إدارة المواد النووية» INMM بغرض إقامة روابط مع الاستخدام السلمي للتكنولوجيا النووية في التعامل مع المواد النووية مثل اليورانيوم والبلوتونيوم. واليوم يوفر معهد إدارة المواد النووية منتدى للتبادل الدولي للمعلومات التقنية في مجال منع الانتشار النووي، وله عدد من الفروع الدولية. وقد أنشأت كوريا الجنوبية فرعاً لمعهد إدارة المواد النووية في عام 1997، بعد تأسيس المركز التكنولوجي للرقابة النووية، وذلك بهدف الانضمام إلى المجتمع التقني العالمي من أجل تعزيز قدراتها.

عندما كانت كوريا الجنوبية تخطط للتفتيش المتبادل مع كوريا الشمالية في بداية تسعينيات القرن العشرين، كانت الوكالة الدولية للطاقة الذرية تتداول نظام الضمانات المعززة الجديد، المعروف باسم «برنامج 93+2» (بدأت المفاوضات في عام 1993، وكان الأمل أن تنتهي في غضون سنتين)، بعد الكشف عن أنشطة نووية سرية في العراق وكوريا الشمالية. واستغرق الأمر وقتاً أطول للوصول إلى إجماع دولي لإعطاء صلاحيات أوسع للوكالة الدولية للطاقة الذرية تخوّل لها تفتيش الأنشطة النووية غير المعلنة، وكذلك الأنشطة التقليدية المعلنة. ويُعرف هذا باسم «البروتوكول الإضافي» لاتفاقيات الضمانات

القائمة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ويُعد هذا البروتوكول اليوم المعيار الدولي الذهبي الفعلي لعمليات التفتيش للتثبت من تطبيق الضمانات النووية. وحالما تم وضع برنامج التفتيش النووي الوطني بوزارة العلوم والتكنولوجيا، بمساندة المركز التكنولوجي للرقابة النووية، وقّعت كوريا الجنوبية على البروتوكول الإضافي في عام 1999، وصادقت عليه في عام 2004، تحسباً لبرنامج البحوث والتطوير النووي وبرنامج الطاقة النووية المحلية، وللتوجه من ثم إلى سوق التصدير.

وبما أن المركز التكنولوجي للرقابة النووية أُنشئ ابتداءً كقسم تابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لتوافر الموارد التقنية فيه في ذلك الوقت، كان لابد لتضارب المصالح الكامن من أن يبرز إلى السطح. ويعد معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري المركز الرائد في مجالات البحث والتطوير النووي، ويتعامل مع المواد النووية لأغراض البحوث، في حين كانت مهمة المركز التكنولوجي للرقابة النووية هي مراقبة المواد النووية ورصدها بالتعاون مع برنامج الوكالة الدولية للطاقة الذرية الخاص بالضمانات النووية والتفتيش. وجاءت لحظة حاسمة في عام 2004، عندما تم تسليم الإبلاغ الطوعي الأوَّلي حول تاريخ المواد النووية في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية في إطار متابعات المصادقة على البروتوكول الإضافي. وقد احتوى على عدد من التجارب المعملية غير المبلَّغ عنها، المتعلقة بعمليات فصل البلوتونيوم واليورانيوم، والتي حدثت قبل سنوات عديدة. وكانت كميات المواد النووية المستعملة في هذه التجارب ضئيلة للغاية (كسر عشري من الجرام)، واتضح أن النوايا كانت ذات طبيعة محض علمية. ومع ذلك، أوردت وسائل الإعلام عناوين رئيسية عن الأنشطة النووية السرية المشتبه فيها. وكانت الحكومة الكورية في غاية الحرج من اعترافها بأن عدم إبلاغ الوكالة الدولية للطاقة الذرية في وقتها كان خطأً واضحاً. بل إن البعض شعر بالقلق من أن يُرفع هذا الأمر إلى مجلس الأمن الدولي. وفي اجتماع مجلس إدارة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في 25 نوفمبر 2004، تم طرح جدول أعمال خاص لمناقشة «تنفيذ اتفاقية الضمانات المتعلقة بمعاهدة منع الانتشار النووي في جمهورية كوريا». وجاء السفير تشوي يونغ-جين (كان حينها نائباً

لوزير الخارجية) إلى اجتماع المجلس لإلقاء كلمة مؤثّرة حول هذا الموضوع المحرج لبلاده، قائلاً:

«توجد في كوريا نحو 20 محطة طاقة نووية عاملة، توفر أكثر من 40 في المئة من احتياجات الطاقة الكهربائية. وبلد كهذا يخسر الكثير ولا يكسب شيئاً من تعكيره صفو السلام العالمي ومنظومة الأمان النووي، خصوصاً منظومة منع الانتشار النووي. إن السؤال المهم هنا يتعلق بالنيّة، بمعنى هل الحكومة كانت مشاركة [في عدم التبليغ عن التجارب المعملية الحساسة] أم لا. لم تكن الحكومة مشاركة، والحقائق التي تثبت ذلك تفصح عن نفسها. لقد وقّعت جمهورية كوريا على البروتوكول الإضافي في عام 1999، وجرت تجارب الفصل النظائري للبخار الذري بالليزر التي استُخدم فيها اليورانيوم في عام 2000. فهل توجد أي حكومة رشيدة تسمح بإجراء تجارب غير مُعلَنة بعد عام واحد من توقيعها على البروتوكول الإضافي، وهي تعلم أن هذه الأنشطة ستخضع عمّا قريب لعمليات تفتيش من الوكالة الدولية للطاقة الذرية؟ بالطبع، عدم وجود نيّة لا يعفي الحكومة من التزاماتها. غير أن الفشل في الإبلاغ عن هذا الأمر حدث في سياق تجارب معملية معزولة، وليس جزءاً من أي برنامج متعمد لتخصيب المواد النووية أو إعادة معالجتها، فضلاً عن تحويلها إلى أسلحة. إذاً، قضية بلادي كانت تقنية في طبيعتها، وليست عسكرية أو ذات صلة بالمسائل الأمنية».[4]

لقد كانت هذه الكلمة حقاً مؤثرة ومقنعة للمنتدى الدولي، جاءت من كبير دبلوماسيي بلدٍ تحت دائرة الاشتباه. لقد كنتُ جالساً في قاعة المجلس في تلك اللحظة بصفتي أحد المديرين في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وقد شعرت شخصياً بالفخر أن يكون لدينا مثل هذا الدبلوماسي ليتحدث باسم كوريا الجنوبية بشأن هذه القضية الحرجة. وهكذا انتهى الملف الكوري الجنوبي في هذا الاجتماع. ومع ذلك، ثمة تغيير كبير كان في الانتظار على الجبهة الداخلية. فقضية إنشاء وكالة مستقلة لمنع الانتشار النووي منفصلة عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، التي دار حولها نقاش كثير، قد تم تفعيلها أخيراً. وصدر قانون جديد لإنشاء كيان مستقل في عام 2006، هو المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة، التي تتبع مباشرة لوزارة التعليم والعلوم والتكنولوجيا. وفي عام 2008 تحقق نجاح عظيم للمؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة، حيث اعترفت

الوكالة الدولية للطاقة الذرية رسمياً بنظام الضمانات المتكاملة. فهذا الاعتراف يمكّن من التنفيذ الفعال لعمليات التفتيش للتحقق من تطبيق الضمانات في كوريا الجنوبية، اعترافاً بالمكانة المتقدمة التي بلغها نظام التفتيش الوطني. كما أنه يمكّن من تخفيض جهود التفتيش التي تقوم بها الوكالة الدولية للطاقة الذرية إلى النصف، في حين زادت عمليات التفتيش الوطني التي تقوم بها المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة. وقد تعلم الكوريون درساً قاسياً بعد الكثير من الحرج الوطني، لكنه ترك بصمة دائمة في المجتمع النووي الكوري الجنوبي تؤكد أهمية الشفافية النووية أمام العالم. ولا شك في أن حقبة التصدير النووي، وتواتر التطورات في أبحاث دورة الوقود النووي، والحل النهائي لقضية الأسلحة النووية في كوريا الشمالية - جميعها تتطلب دوراً أكبر من المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة في السنوات القادمة. وبالإضافة إلى أنشطة الضمانات الوطنية، فإن مهمة المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة تتضمن الرقابةَ على الصادرات وحماية المواد النووية، تماشياً مع البرنامج النووي الآخذ في التوسُّع. ويجري تعزيز الأمن النووي، خصوصاً في مجال تثقيف القوى العاملة الإقليمية وتدريبها، في إطار التحضير لعقد «قمة الأمن النووي» في سيول في مارس 2012.

الفصل الثالث عشر

مفاعلات الجيل التالي

تقدم الفصول السابقة من القسم الثاني من هذا الكتاب، «معرفة كيف ومعرفة لماذا»، تفصيلاً لكيفية تحقيق الاعتماد الذاتي التقني الأوَّلي في مجال تكنولوجيا الطاقة النووية خلال العقود الثلاثة الأولى. وجاءت ذروة هذا الجهد في منتصف ثمانينيات القرن العشرين، مع النقل الواسع للتكنولوجيا الذي صاحب مشروع بناء يونغوانغ 3 و4. وتحقق هدف الاعتماد الذاتي التقني الأساسي (ما يُعرف بتحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني بحلول عام 1995)، حيث تمكّن الكوريون عملياً من نسخ نموذج «محطات الطاقة النووية الكورية المصمَّمة وفقاً للمعايير الموحدة» نفسه مراراً وتكراراً، عندما دخلت وحدة يونغوانغ 3 حيّز التشغيل التجاري. وربما لا يكونون قد فهموا جميع المبررات التي تجعل التصميم يأخذ شكلاً محدداً (معرفة لماذا)، لكنهم نجحوا في تعلُّم نسخ المعرفة التقنية (معرفة كيف). لقد كان إنجازاً فاق التمنيات في ذلك الوقت، لكنه لم يكن النهاية. ففي السنوات العشر التالية تم بناء عشر وحدات إضافية وفقاً لنموذج محطات الطاقة الكورية المعيارية: ألتشين 3 و4، ويونغوانغ 5 و6، وأُلتشين 5 و6، وشين-كوري 1 و2، وشين-وولسونغ 1 و2. وأصبح موقع يونغوانغ على الساحل الغربي يحتوي الآن على ست وحدات عاملة من نوع مفاعلات الماء المضغوط، بينما توسعت المواقع الثلاثة على الساحل الشرقي- كوري وولسونغ وأُلتشين - فأضيفت إليها المواقع الجديدة المجاورة التي أُطلق عليها أسماء شين-كوري، وشين-وولسونغ، وشين-أُلتشين للتوسع في المستقبل. وبتكرار مشاريع التصميم نفسها، المبنية على نموذج محطات الطاقة النووية المعيارية، فلاشك في أنك ستُتقِن دقائق التكنولوجيا وخفاياها في تحقيق الكفاءة والجدوى الاقتصادية، والأهم من ذلك كله اكتساب الثقة في قدرتك على الإنجاز، ثم تقوم بطرح الأسئلة الصحيحة -

«لماذا ينبغي أن يكون التصميم على هذا النحو وبهذه الطريقة؟» - فتتقدم في اتجاه معرفة الأسباب know-why. ويبدو هذا منهجاً جديداً تماماً في مجال تصميم محطات الطاقة النووية، بدءاً من التصميم النظري صعوداً إلى تنفيذ المشروع. لقد حان الوقت لبرنامج تطوير الجيل التالي من المفاعلات الكورية.

لم يكن التفكير في تصدير محطات الطاقة النووية الكورية إلى دولة صاعدة حلماً مستحيلاً. وكان هذا هو السبب وراء التخلي عن المصطلح المألوف «المحطات النووية الكورية المعيارية» ليحل محله «مفاعل الطاقة الأمثل» OPR1000، الذي يجري بناؤه وتشغيله في كوريا الجنوبية. وكانت الرسالة واضحة: «نحن مستعدون لتصدير مفاعل الطاقة الأمثل عندما يحين الوقت المناسب». لقد كان الكوريون عازمين على إثبات أن محطات الطاقة الكورية المعيارية «المُثلى» التي تم بناؤها في تسعينيات القرن العشرين ستكون قادرة على المنافسة في السوق العالمية بعد ثبوت سلامتها النووية وجدواها الاقتصادية داخل كوريا.

عندما يتعلق الأمر بتصدير محطة طاقة نووية كورية (تم توطينها في كوريا) أصلها أمريكي إلى دولة ثالثة، تصبح الشروط والأحكام التجارية بشأن دفع رسوم الامتياز مسألة حساسة. إن عقود نقل التكنولوجيا الأصلية التي أبرمت مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ في عام 1987، واتفاقية الترخيص اللاحقة في عام 1997، كانت تحتوي على بنود تنص على استمرار ملكية امتياز التكنولوجيات المستوردة، بحيث تتقلص ملكية الامتياز هذه إلى الصفر عندما يتم تصدير المفاعل الكوري إلى دولة ثالثة (ماعدا الولايات المتحدة) بعد مرور عشر سنوات. ورغم أن شروط العقد التجاري كانت ملائمة تماماً لحالات التصدير، كان الكوريون في حاجة إلى وقفة مع الذات، وطرح بعض الأسئلة على أنفسهم، مثل: ماذا نعني بكلمة «التوطين» Koreanization؟ وكم كان حجم التكنولوجيا ذات الأصل الأمريكي؟ وما هو حجم المكون التكنولوجي الكوري الذي أضيف إليها؟ وعند أي مستوى من التطوير يمكننا أن نقول إن هذا المفاعل حقاً مفاعل كوري؟ كانت هذه هي الأسئلة.[1,2]

الجيل التالي من المفاعلات الكورية: لماذا الآن؟

إذا كانت المرحلة الأولى من نقل التكنولوجيا من شركة كومبسشن إنجنيرينغ في ثمانينيات القرن العشرين تهدف إلى إتقان كيفية نسخ التصميم نفسه مراراً وتكراراً على نحو صحيح، فإن الحاجة إلى فهم الأسباب الأساسية وراء الشكل المحدد للتصميم قد بدأت تزداد داخل الوسط النووي الكوري؛ وذلك لأن الكوريين يريدون أن يصبحوا قادرين على إنشاء نموذج لمفاعل كوري حقيقي. فبدأت وزارة العلوم والتكنولوجيا برنامج «المشاريع الوطنية فائقة التطوُّر» (والمعروفة باسم مشاريع G7) في بداية تسعينيات القرن العشرين، في إطار التحضير لدخول القرن الحادي والعشرين. كان المسؤولون الحكوميون حريصين على متابعة اتجاهات التكنولوجيا المستقبلية، ونوع التكنولوجيا الذي يمكن أن يقود كوريا إلى القرن الحادي والعشرين. إن تعبير G7 رمز للدول الأكثر تقدماً في العالم (الولايات المتحدة الأمريكية، والمملكة المتحدة، وألمانيا، وفرنسا، وكندا، وإيطاليا، واليابان)، وكانت وزارة العلوم والتكنولوجيا تقود فرق عمل وزارية بهدف إقامة مشاريع تقنية طويلة المدى في مجالات التكنولوجيا الفائقة التطور؛ بما فيها الإلكترونيات، والاتصالات، والتكنولوجيا الحيوية، والطاقة. وأُجريت دراسات جدوى معمَّقة حول الجوانب التقنية والتجارية والتمويلية لكل مشروع مقترح. وكان التلفزيون عالي الدقة HDTV والإنترنت فائقة السرعة من بين مشاريع G7 العشرين الأولى التي تم اختيارها.

كان قطاع الطاقة النووية في حاجة ماسة إلى برنامج أساسي للبحث والتطوير؛ لأن الدولة كانت ملتزمة بإنشاء أسطول ضخم من محطات الطاقة النووية القائمة على التكنولوجيات الأمريكية. وقد جاء برنامج تطوير الجيل التالي من المفاعلات النووية في الوقت المناسب ليكون واحداً من مشاريع G7. ومع ذلك، كانت جميع محطات الطاقة النووية العاملة والتي تحت التشييد من مفاعلات الجيل الثاني التي طُوِّرت في سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، قبل حادثة جزيرة ثري مايل. ولم يتم بناء محطات نووية جديدة في الولايات المتحدة منذ ثمانينيات القرن العشرين. غير أن الصناعة النووية العالمية كانت

تشهد تغييراً جوهرياً، بتحولها من نشاط تجاري يقوده المورِّدون إلى نموذج تقوده مؤسسات المرافق العامة، وفي مقدمها معهد أبحاث الطاقة الكهربائية EPRI في الولايات المتحدة. لقد صاغ هذا المعهد متطلبات الجيل الثالث من مفاعلات الماء الخفيف، التي تُعرف باسم «وثيقة متطلبات مفاعل الماء الخفيف المتقدم» ALWR، من منظور يركز كلياً على محطة الطاقة النووية. كما أدخل خطة تخفيف الحوادث الخطيرة لتعكس خطط العمل لما بعد حادثة جزيرة ثري مايل. لقد بدأ مشروع مفاعلات الجيل التالي الكوري رسمياً في عام 1992 كأحد مشاريع G7، وكان يتكون من ثلاث مراحل وفقاً للمهام التالية:

- المرحلة الأولى (1992–1994): تطوير متطلبات المستوى الأعلى، واختيار نوع المفاعل، والتصميم النظري.

- المرحلة الثانية (1995–1998): تطوير متطلبات المرافق، والتصميم الأساسي، وإعداد تقرير تحليل السلامة المعياري.

- المرحلة الثالثة (1999–2001): تحسين التصميم إلى الحد الأمثل، والمصادقة على التصميم المعياري من سلطة الترخيص.

وتم اختيار المؤسسات نفسها التي عملت في مشروع يونغوانغ لتتولى مجالات اختصاصاتها في هذا المشروع:

- شركة كيبكو: إدارة المشروع والتكامل الشامل.

- الشركة الكورية لهندسة الطاقة: تصميم المحطة النووية (ليشمل لاحقاً تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار).

- معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري: التصميم الأوَّلي للنظام النووي للتزويد بالبخار، ليشمل لاحقاً البحوث والتطوير واختبار التحقق.

- الشركة الكورية للصناعات الثقيلة: مراجعة إمكانية التصنيع وسهولته.

- شركة الوقود النووي الكورية: تصميم الوقود.
- شركة كومبسشن إنجنيرينغ: مستشار في مجال النظام النووي للتزويد بالبخار.

بالإضافة إلى ذلك، أُوكلت إلى المؤسسة الكورية للسلامة النووية وظيفة مراجعة التراخيص. وعيَّنت كل مؤسسة فريقاً منفصلاً خاصاً بالجيل التالي من المفاعلات الكورية ومستقلاً عن مشاريع بناء المحطات النووية الجارية. ولحسن الحظ، تم تمويل المشروع أساساً من صندوق البحث والتطوير بشركة كيبكو، خلال السنوات العشر التي استغرقها، لأن نجاح المشروع كان يعتمد كلياً على ضمان استقرار التمويل واستمراره.

بدأت المرحلة الأولى بتحديد متطلبات المستوى الأعلى. وتم اختيار نوع المفاعل ليكون مفاعل الماء المضغوط، بناءً على تصميم المحطة النووية الكورية المعيارية المُثْبت، لكن تمت زيادة قدرة التصميم من القدرة الحالية البالغة 2,875 ميغاواط من الطاقة الحرارية إلى 4 آلاف ميغاواط. وتم تمديد العمر الافتراضي لتصميم المحطة من 40 عاماً إلى 60 عاماً، وبمستوى تصميم زلزالي ليتحمل 0.3 جرام من عامل «قوة التسارع الأرضي» (مقياس للإيقاف الآمن عند وقوع الزلزال) بدلاً من 0.25 جرام. وكانت هذه هي المتطلبات الأساسية لتصميم «نظام 80+»، الذي طورته شركة كومبسشن إنجنيرينغ، وكان في مرحلة الحصول على شهادة التصميم من مفوضية الرقابة النووية الأمريكية (حصلت شركة كومبسشن إنجنيرينغ على شهادة التصميم في يونيو 1997).

وبدلاً من البدء من مفهوم جديد تماماً لمفاعلات الماء المضغوط، اختار الكوريون «نظام 80+» المُثْبت لتقوم عليه مفاعلات الجيل الثالث في كوريا، باعتباره امتداداً منطقياً للمحطة النووية الكورية المعيارية، علاوة على أنه يشتمل على بعض ميزات التصميم المتقدمة وميزات التصميم في مجال السلامة السلبية. وقد رحبت شركة كومبسشن إنجنيرينغ بهذه الفكرة، لأن كوريا ستوفر أرضية لإثبات نجاح «نظام 80+» وتطويره أكثر، ثم نشره في كوريا في نهاية المطاف. وتم إدراج خطة لتخفيف آثار الحوادث الخطيرة منذ مرحلة التصميم الأساسي الأوّلي. إن تجربة مفاعلات الجيل الثالث، بدءاً من مرحلة

التصميم النظري إلى التصميم الأساسي، والحصول أخيراً على إجازة التصميم المعياري (والتي تُعادل شهادة التصميم التي تصدرها مفوضية الرقابة النووية الأمريكية) من وزارة العلوم والتكنولوجيا/ المؤسسة الكورية للسلامة النووية، في غضون 10 سنوات - إن هذه التجربة قد وفرت للمؤسسات الكورية خبرات لا تقدر بثمن، خصوصاً لمصممي النظم في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.

مركز التكنولوجيا النووية

خلال فترة العمل في مشروع الجيل التالي من المفاعلات الكورية خضع قطاع الصناعة النووية في كوريا لإعادة هيكلة رئيسية مرتين؛ ففي يناير 1997 تم تحويل جميع مشاريع المحطات النووية التجارية التابعة لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وكذلك القوة البشرية العاملة فيها، إلى الصناعات المعنية. وظل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مستحوذاً على المشاريع التجارية الخاصة بالوقود النووي وتصميم نظم المفاعلات لمدة 12 عاماً منذ قرار الحكومة في عام 1985. وقد حقق المعهد هدف الاعتماد الذاتي التقني من خلال تنفيذ مشروع يونغوانغ 3 و4، وحان الوقت لأن يعود لدور المختبر النووي الوطني. لكن ذلك لم يحدث دون متاعب فصل الموظفين بعضهم عن بعض كرهاً في الغالب؛ لأن الوضع يملي على الموظفين الذهاب مع المشروع الذي يعملون فيه. ونتيجة لذلك اضطُر 610 من موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أن يغيروا مواقعهم التي ينتمون إليها بين عشية وضحاها: انتقل فريق تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار إلى الشركة الكورية لهندسة الطاقة، وانتقل فريق التصميم الأساسي الأولي وفريق تصنيع وقود مفاعلات كاندو إلى شركة الوقود النووي الكورية، وانتقل فريق إدارة النفايات النووية إلى شركة كيبكو. ومن أجل دعم الأنشطة البحثية في غياب المشاريع ذات الصلة بمحطات الطاقة النووية تم إنشاء صندوق البحوث النووية في عام 1996 ليكون مكملاً للتمويل الحكومي المخصص لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري والمؤسسات الأخرى. وكان الصندوق يحصل على 2.1 وون كوري عن كل كيلوواط ساعة من الطاقة النووية

التي تولدها شركة كيبكو في البداية. وهذا وفر التمويل اللازم للعديد من مشاريع البحث والتطوير النووي، بما فيها مشروع مفاعلات الجيل التالي الكورية. وبحلول وقت إعادة الهيكلة في عام 1997 كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد أكمل (أو يعمل على بناء) ست وحدات من المحطات النووية الكورية المعيارية في يونغوانغ وأُلتشين، إضافة إلى ثلاث وحدات كاندو في ولسونغ، ومشروع تصميم نظم الجيل التالي من المفاعلات الكورية. أما إعادة الهيكلة الرئيسية الثانية فقد حدثت في شركة المرافق الكهربائية الوحيدة في البلاد في عام 2001، حيث جرى تقسيم شركة كيبكو إلى خمس شركات توليد مناطقية (جميعها محطات وقود أحفوري)، وشركة وطنية واحدة مسؤولة عن جميع محطات توليد الطاقة المائية والنووية، وهي الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية. وتُصنَّف الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية من بين شركات المرافق الكهربائية النووية الأولى في العالم، بأسطولها العامل المكون من 20 محطة طاقة نووية، وأكثر من 10 وحدات نووية تحت التشييد في عام 2010. أما الشركة الأم، شركة كيبكو، فقد احتفظت بأنشطة التوزيع والمبيعات، بالإضافة إلى مسؤوليات التسويق الخارجي بسبب قدرتها التمويلية.

وحالما أزيلت عقبات إعادة الهيكلة، حُددت لكل مؤسسة مهمتها في المرحلة الثانية من برنامج مفاعلات الجيل التالي الكورية. كما انضم أكاديميو الجامعات المحليون إلى العمل في تطوير مفاعلات الجيل التالي الكورية. وشاركت أقسام الهندسة النووية بالمعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا وجامعة سيول الوطنية في أعمال التصميم المتقدم والاختبار التجريبي، بهدف تقديم الدعم النظري. وكان الاختيار النهائي لمواصفات التصميم المتقدمة الزائدة عن حاجة «نظام 80+» قد تم تقليصه، حيث أجريت عدة تغييرات رئيسية في التصميم. وشملت هذه التغييرات نظام تخفيف الحوادث الخطيرة، الذي يحتوي على صهريج تخزين المياه داخل المفاعل لامتصاص الحرارة المتبقية، والحقن المباشر لوعاء المفاعل، والجهاز الذي يعمل بتفاعل تيارات الموائع في منظومة الحقن من أجل زيادة مستوى السلامة السلبية. هذه بعض مواصفات التصميم الجديدة التي أُدخِلت

على مفاعلات الجيل التالي الكورية بهدف تعزيز قدرتها على تخفيف الحوادث الخطيرة، وتوفير حماية موثوقة من الحوادث الشبيهة بحادثة جزيرة ثري مايل.

وتجدر الإشارة إلى التجارب الواسعة النطاق التي أجريت في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في أثناء أعمال تطوير مفاعلات الجيل التالي الكورية؛ فحالما تم تحويل المشاريع التجارية إلى قطاعاتها الصناعية المعنية في عام 1997 استدعي فريق التجارب بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لكي يجري عدة اختبارات تحقق رئيسية باستخدام منشآت دورة الاختبار. إن محاكاة الضغط الابتدائي للمفاعل النووي ودرجة الحرارة للتشغيل العادي وحالات الحوادث يتطلب إجراؤها خبرة خاصة واستثمارات ضخمة. وكانت دورة الاختبار الحار التجريبية الأولى بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري قد بنيت في عام 1982 للتحقق من وقود كاندو المنتَج محلياً وقدرته على اجتياز اختبار الكفاءة. وتم توسيع المعمل الحراري الهيدروليكي لإجراء محاكاة مكتملة لظروف الحوادث الخطيرة، من أجل التحقق من رموز التصميم وبارامترات (معايير) التصميم. وتم بناء مرافق اختبار رئيسية مثل الجهاز الحراري الهيدروليكي المتقدم الذي يُستخدم لإجراء عمليات المحاكاة المتطورة، وذلك للتحقق تجريبياً من مواصفات التصميم المتقدمة المدمجة في تصميم مفاعلات الجيل التالي الكورية. لقد أُثير العديد من الأسئلة المتعلقة بالسلامة في أثناء فترة مراجعة الترخيص، وكان لابد من حل هذه الأسئلة من خلال البيانات التجريبية الصادرة عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وتم الانتهاء من تقرير تحليل السلامة المعياري خلال المرحلة الثانية. وبعد ذلك، تم منح المصادقة على التصميم المعياري في مايو 2002، حيث قامت المؤسسة الكورية للسلامة النووية بمراجعة الترخيص. وكان ذلك إعلاناً لميلاد مفاعل جديد؛ «مفاعل الطاقة المتقدّم بقدرة 1400 ميغاواط من الكهرباء» APR1400، بعد عشر سنوات من أعمال التطوير والتحقق المضنية التي قامت بها مؤسسات الصناعات النووية والأوساط الأكاديمية ومعاهد البحوث في كوريا.

من المهم أن ندرك أن العقول التي شاركت في تطوير برنامج مفاعلات الجيل التالي الكورية كانت متركزة في مدينة دايدوك للعلوم (والتي أعيد تسميتها بـ«دايدوك إنابوليس» في عام 2005)، الواقعة إلى الشمال من مدينة دايجون الكبرى. وقد أنشئت دايدوك إنابوليس في عام 1974 كتجمّع لمراكز البحوث الوطنية في عهد الرئيس بارك تشونغ-هي بهدف تعزيز العلوم والتكنولوجيا. واليوم تحتل دايدوك إنابوليس مساحة تزيد على 70 كيلومتراً مربعاً شمال دايجون، وتضم منطقة مركز بحوث دايدوك ووادي دايدوك التكنولوجي ومنطقة مركز دايدوك الصناعي، ويوجد فيها أكثر من 50 من مراكز البحوث الوطنية/ الخاصة، وأكثر من 1000 من شركات التقنية الفائقة التطور. كما توجد فيها خمس جامعات، بما فيها المعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا وجامعة تشونغنام الوطنية. ويعمل اليوم في دايدوك إنابوليس نحو 20 ألف موظف في مجال البحوث بدوام كامل (أكثر من 75 في المئة منهم من حملة الدكتوراه والماجستير). إنها تمثل أكبر تجمّع لمراكز البحوث التقنية وشركات التكنولوجيا في كوريا، بحيث يمكن مقارنتها بمنطقة مثلث البحوث في كارولينا الشمالية ووادي السيليكون في كاليفورنيا ومركز تسوكوبا للبحوث في اليابان.

كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري أول المؤسسات التي انتقلت إلى دايدوك في منتصف سبعينيات القرن العشرين، ثم تلاه مركز بحوث شركة كيبكو، والمعهد الكوري لبحوث الطاقة الكهربائية في ثمانينيات القرن العشرين. ومع نمو البرنامج النووي الوطني خلال العقود اللاحقة، نشأت مؤسسات نووية جديدة منبثقة عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لتتولى مهام مستقلة. فتم تكوين شركة للوقود النووي (تتبع الآن لشركة كيبكو للوقود النووي) في عام 1981 لتوريد الوقود النووي المنتج محلياً من دايدوك. وأُنشئت المؤسسة الكورية للسلامة النووية في عام 1990 لتتولى المهمة التنظيمية الرقابية على نحو مستقل عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، لكنها تقع أيضاً في دايدوك إنابوليس. وكانت أعمال تصميم النظم يقوم بها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في بداية الأمر، ثم حُوِّلت إلى الشركة الكورية

لهندسة الطاقة في عام 1997، وهي الآن تتبع لقسم نظم المفاعلات بشركة كيبكو للهندسة والإنشاءات، التي تقع داخل مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وكان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يقوم بمهمة حصر المواد النووية تحقيقاً لضمانات السلامة النووية ومنع الانتشار النووي، ثم أصبحت مهمة مستقلة في عام 2004 بإنشاء المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة في مبنى جديد يقع في دايدوك إنابوليس. وتم تقسيم المرفق الكهربائي التابع للمعهد الكوري لبحوث الطاقة الكهربائية، حيث أنشئ في عام 2001 مركز جديد للهندسة والتكنولوجيا النووية، يُسمى مركز تكنولوجيا الهندسة النووية، عندما أُعيدت هيكلة الشركة الأم؛ شركة كيبكو. وخلال أعمال تطوير مفاعلات الجيل التالي الكورية (1992-2002)، قام بأعمال التصميم والأعمال الهندسية كل من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وشركة كيبكو للهندسة والإنشاءات، والمعهد الكوري لبحوث الطاقة الكهربائية، ومركز تكنولوجيا الهندسة النووية، وشركة كيبكو للوقود النووي، بينما قامت المؤسسة الكورية للسلامة النووية بمراجعة الترخيص. كما قدم قسم الهندسة النووية بالمعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا دعماً بحثياً لجهود الترخيص. واللافت للانتباه أن التركيز العالي للخبرة التقنية النووية والقدرات البحثية من جميع المؤسسات النووية الرئيسية في كوريا كان موقعه دايدوك إنابوليس. وكانت مفاعلات الجيل التالي الكورية أول نتيجة متكاملة لمشروع بحوث الطاقة النووية هذا، على نطاق وطني، وقد تُوّجت بمنح الموافقة على التصميم المعياري لمفاعل الطاقة المتقدّم بقدرة 1400 ميغاواط من الكهرباء APR1400 في عام 2002. إن منطقة دايدوك إنابوليس مؤهلة تأهيلاً فريداً يجعلها واحدة من أكبر مراكز تكنولوجيات الطاقة النووية في العالم اليوم. كما أن التعاون التقني بين المؤسسات النووية المتجاورة في الموقع، والعلاقات الإنسانية الوثيقة، ومجالات الخبرات المتشابهة، قد لعبت دوراً مهماً في بلوغ الهدف المتمثل في استحداث تصميم لأول مفاعل كوري للطاقة النووية في غضون عشر سنوات.

ميلاد مفاعل الطاقة المتقدّم APR1400

عندما أدخلت وزارة الطاقة الأمريكية فكرة الجيل الرابع من منظومات الطاقة النووية ليتم نشرها بعد عام 2030، وضعت تعريفاً فضفاضاً لفاعلات الأجيال الأول والثاني والثالث السابقة، كالتالي:

- الجيل الأول: النموذج المبكر لفاعلات الطاقة في خمسينيات وستينيات القرن العشرين؛ مثل شيبينغبورت، وماغنوكس، ودريسدن، وفيرمي1. ولا توجد مفاعلات من الجيل الأول في كوريا.

- الجيل الثاني: مفاعلات الطاقة التجارية الضخمة التي تم بناؤها منذ سبعينيات القرن العشرين ومازالت تعمل؛ بما فيها مفاعلات الماء المضغوط، ومفاعلات الماء المغلي، ومفاعلات كاندو، والمفاعل المتقدّم المبرَّد بالغاز، والمفاعل الروسي من نوع VVER. ويتراوح العمر الافتراضي لهذه المحطات النووية ما بين 30 و40 عاماً، ومُدِّد عمرها الآن إلى 50 أو 60 عاماً. وجميع محطات الطاقة النووية الكورية يمكن تصنيفها ضمن مفاعلات الجيل الثاني؛ بما فيها وحدات شين-كوري 3 و4، ووحدات المحطات النووية الكورية المعيارية.

- الجيل الثالث: محطات الطاقة النووية التي تم تطويرها في تسعينيات القرن العشرين، وأدخلت فيها تطورات مهمة في مجال السلامة والمزايا الاقتصادية، ويعيش تصميمها لمدة 60 عاماً، وتلبّي متطلبات مفاعل الماء الخفيف المتقدّم. وهي تشمل مفاعل الماء المغلي المتقدم الذي طورته شركة جنرال إلكتريك، ومفاعل الماء المضغوط المتقدّم الذي طورته شركة ميتسوبيشي، ومفاعل الماء المضغوط المتقدّم AP1000 الذي طورته شركة وستنجهاوس، ومفاعل الماء المضغوط الأوربي الذي طورته شركة أريفا الفرنسية، ومفاعل الطاقة المتقدّم APR1400 الذي طورته شركة كيبكو. ومن المتوقع أن تكون المحطات النووية التجارية الجديدة التي ستُبنى لاحقاً جميعها من مفاعلات الجيل الثالث، حتى عام 2030، إذا أصبحت مفاعلات الجيل الرابع واقعاً مؤكداً.[3]

من المهم أن نلاحظ إدراج مفاعل الطاقة المتقدّم APR1400 ضمن فئة أعلى خمسة من مفاعلات الجيل الثالث ذات الجدوى التجارية في السوق العالمية اليوم، وكان ذلك نتيجة مباشرة لتضافر الجهود الوطنية التي بذلتها المؤسسات النووية الكورية في تسعينيات القرن العشرين. فقد أدخلت وزارة العلوم والتكنولوجيا، المشرفة على قانون الطاقة الذرية، مفهوماً جديداً لتصميم المحطات النووية المعياري، حيث حوَّلت الموافقة عليه إلى قانون في ديسمبر 2000. فوفرّت بذلك أساساً قانونياً لتصميم مفاعلات الجيل التالي الكورية، واعتماد المفاعل كتصميم معياري مستقل عن أي مشروع لبناء محطة طاقة نووية حقيقية. وفي يناير 2001 حصلت مفاعلات الجيل التالي الكورية على اسمها الرسمي APR1400؛ أي «مفاعلات الطاقة المتقدمة بقدرة 1400 ميغاواط كهربائي». وكان تقرير تحليل السلامة المعياري للمفاعل قد رُفع رسمياً إلى وزارة العلوم والتكنولوجيا، ومُنحت الموافقة الرسمية على التصميم المعياري في عام 2002، بعد سنتين من مراجعة الترخيص من قِبَل المؤسسة الكورية للسلامة النووية. وفي الواقع، كان فريق المراجعة التابع للمؤسسة الكورية للسلامة النووية يعمل بالتشاور الكامل مع فريق تطوير مفاعلات الجيل التالي الكورية طوال فترة السنوات العشر. وخلال تلك المراجعة، تركزت مسائل الترخيص الرئيسية على تغييرات التصميم التي يجب أن تدخلها محطات مفاعلات الجيل التالي الكورية في نظام تخفيف الحوادث الخطيرة، بما في ذلك الحقن المباشر لوعاء المفاعل، واعتماد الجهاز الذي يعمل بتفاعل تيارات الموائع في منظومة الحقن من أجل زيادة مستوى السلامة السلبية. وأجريت اختبارات إضافية في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري للتحقق من الأجهزة والمعدّات، وحلِّ ما بها من مشاكل. وأُرفق عدد من التقارير الموضعية مع تقرير تحليل السلامة المعياري. وكان يوم 7 مايو 2002 يوماً تاريخياً للشركة الكورية للطاقة المائية والنووية، إذ كانت أول مؤسسة على الإطلاق تتسلم الموافقة على التصميم المعياري. فلم تحصل أي مؤسسة نووية من قبل على موافقة على التصميم المعياري (أو شهادة التصميم) من الهيئة الرقابية الوطنية في بلدها، دون وجود وحدة إنشائية لتسهيل عملية الترخيص في المستقبل. إن شركة كيبكو/ الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية لديها ما يكفي من المبررات لبناء مفاعل الطاقة المتقدم APR1400 الجديد لمشروعها

المقبل، والالتفات إلى إمكانات سوق التصدير من بداية العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.

لقد اتضحت الفائدة الحقيقة من تأمين الموافقة على التصميم المعياري مع بداية بناء أول مفاعلات من نوع APR1400 في وحدات شين-كوري 3 و4 في عام 2006. فقد أصدرت وزارة العلوم والتكنولوجيا/ المؤسسة الكورية للسلامة النووية الترخيص بالبناء بعد 12 شهراً فقط من تسليم تقرير التحليل الأوَّلي للسلامة، ولولا ذلك لاستغرقت عملية الترخيص لأول وحدة من مفاعلات APR1400 في كوريا ضعف ذلك الزمن.

العلاقة مع أبوظبي

لقد أعطتني الأنباء الواردة من أبوظبي في يوم 27 ديسمبر 2009 الدافع المباشر لتأليف هذا الكتاب. كان الكونسورتيوم الكوري الجنوبي، بقيادة شركة كيبكو، قد فاز للتو بأكبر مشروع لبناء محطات طاقة نووية في التاريخ. إنه مشروع لبناء أربع مفاعلات حديثة من الجيل الثالث من نوع APR1400، لتكون أول برنامج لمحطات الطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة؛ كما أنه أول مشروع تصدير نووي من كوريا بأسلوب تسليم المفتاح. والمدهش أكثر أن ذلك كان نتيجة لعطاء دولي مفتوح تنافست فيه شركات توريد نووية كبرى مشهورة عالمياً؛ مثل شركة أريفا الفرنسية، وتحالف هيتاشي-جنرال إلكتريك. إنه «اختيار مثَّل مفاجأة»؛ هكذا كان رد الفعل الفوري من المجتمع النووي الدولي. وحتى لكوري متحمس للطاقة النووية مثلي، كان ذلك الفوز مفاجأة كاملة في البداية. وأوردت مجلة **الإيكونومست**، في عددها الصادر يوم 4 فبراير 2010، مقالاً خاصاً عن تحليل الصناعة النووية، يقول:

> «لقد أثار الرعب بين الشركات الست الكبرى التي هيمنت على الصناعة لعقود من الزمان: جنرال إلكتريك ووستنجهاوس الأمريكيتين، وأريفا الفرنسية، وتوشيبا وهيتاشي وميتسوبيشي للصناعات الثقيلة اليابانية. وفجأة واجهت هذه الشركات المهيمنة "أبطالاً وطنيين" من الأسواق الصاعدة، يتمتعون بدعم كامل من حكوماتهم؛ وهذا مصدر قوة لا يقدر بثمن في مجال الأعمال التجارية ذات المسؤولية العالية مثل

الطاقة النووية ... يتضمّن الكونسورتيوم الكوري الجنوبي شركات الصناعات الثقيلة؛ دوسان وهيونداي وسامسونج، التي تمثل التكتلات الثلاثة الكبرى في البلاد، ويستخدم بعض تكنولوجيا وستنجهاوس. وقد عمل هذا الكونسورتيوم معاً لعدة عقود من الزمان، حيث تولى بناء وتشغيل معظم مفاعلات كوريا الجنوبية العشرين. إنه لم يعرض بناء المحطة النووية فحسب، بل تشغيلها أيضاً ... ».

وبعد أن هدأت مظاهر الابتهاج الأولى، شعرتُ بأنني مضطر لتأليف كتاب باللغة الإنجليزية لأوضح للعالم ما حدث في كوريا خلال نصف القرن الماضي. فربما لا يعرف العالم الخارجي الكثير عن التكنولوجيا والصناعة النووية الكورية. كيف أصبح «بعض تكنولوجيا وستنجهاوس» تكنولوجيا مفاعلات APR1400 الكورية؟ لعل هذه قصة جديرة بأن يرويها شخص من داخل قطاع الصناعة النووية الكورية.

أصدرت الحكومة الكورية مرسوماً جديداً يقضي بجعل يوم 27 ديسمبر 2010 أول يوم وطني للسلامة النووية وتعزيز الطاقة النووية - أو «يوم الطاقة الذرية» اختصاراً - احتفالاً بالذكرى السنوية الأولى لتوقيع العقد التاريخي مع دولة الإمارات العربية المتحدة في أبوظبي قبل عام بالضبط. لقد تم تكريم هان بيل-سون، المدير السابق لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري خلال ثمانينيات القرن العشرين، بمنحه وسام العلوم والتكنولوجيا من الدرجة الأولى؛ وسام تشانغجو، كأعلى جائزة تمنحها الحكومة الكورية لأحد العلماء، تقديراً لمساهمته الفريدة في جهود الاعتماد الذاتي التقني في مجال تكنولوجيا الطاقة النووية (كما هو موضح في القسم الأول من هذا الكتاب). كما تم تكريم كوه سونغ-ميونغ وشين تشانغ-ساينغ (من كبار موظفي شركة كيبكو السابقين) في هذا الاحتفال بمنحهما وسام الصناعة من الدرجة الأولى؛ وسام غيومتاب، كأعلى جائزة تُمنَح لرجال صناعة تقديراً لمساهمتهم في تطوير الطاقة النووية.

إن العقد الكوري مع دولة الإمارات العربية المتحدة يمكن أن يكون نموذجاً جديداً للأعمال في مجال بناء محطات للطاقة النووية في دولة تفتقر إلى البنية التحتية [النووية] الناضجة أو لا توجد فيها شركة مرافق كهربائية يمكنها أن تتولى بناء وتشغيل محطات

الطاقة النووية الجديدة. والآن يجري النظر في عقود تسليم المفتاح التقليدية أو عقود التجزئة التي تُبرَم مع مصنّع/ مورِّد نووي يمتلك شركة مرافق كهربائية، بشأن بناء وتشغيل وامتلاك المحطات النووية. ومن المعروف أن شركة كيبكو قد تكون إحدى المؤسسات القليلة في العالم اليوم التي تمتلك قدرات تغطي دورة حياة محطات الطاقة النووية بأكملها؛ من تصميم وتصنيع وبناء وتشغيل وصيانة وتخلص من النفايات النووية. والاستثناء الوحيد هو خدمات تخصيب الوقود وإعادة معالجته، التي تم استبعادها استراتيجياً لأسباب غير تجارية.

كانت دولة الإمارات العربية المتحدة تُعِدّ نفسها لتصبح وافداً جديداً إلى عالم الطاقة النووية منذ ثمانينيات القرن العشرين، بانضمامها إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ثم بالتوقيع والمصادقة على الاتفاقيات والمعاهدات المتعلقة بالسلامة والضمانات والأمن النووي. وأبرمت دولة الإمارات اتفاقيات ثنائية مع الولايات المتحدة وكوريا الجنوبية وفرنسا بهدف تعزيز التجارة والتعاون. وعقدت مع الولايات المتحدة ما يُعرف باسم «اتفاقية 123» في عام 2008 التي تهدف إلى الالتزام الصارم بمبدأ الاستخدام السلمي للطاقة الذرية، دون امتلاك تكنولوجيات حساسة من حيث الانتشار النووي، مثل تكنولوجيات إعادة المعالجة والتخصيب. ومنذ سبتمبر 2010 اختيرت دولة الإمارات العربية المتحدة عضواً في مجلس محافظي الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ما يعكس الاعتراف المتنامي بها في الساحة النووية العالمية. وفي السنوات الأخيرة، تم إنشاء مؤسستين نوويتين في دولة الإمارات العربية المتحدة، هما: مؤسسة الإمارات للطاقة النووية ENEC كجهة مسؤولة عن بناء وتشغيل محطات الطاقة النووية، والهيئة الاتحادية للرقابة النووية FANR المسؤولة عن ضمان توفير الأمن والأمان والاستدامة الطويلة المدى في الاستخدامات السلمية للطاقة النووية والإشعاع المؤيِّن في دولة الإمارات العربية المتحدة. وقد عقدت المؤسسة الكورية للسلامة النووية والهيئة الاتحادية للرقابة النووية اتفاقاً للتعاون الثنائي في مايو 2010؛ لأن كلتا الجهتين الرقابيتين ستصبح مسؤولة عن إصدار التراخيص لمفاعل الطاقة المتقدم APR1400 نفسه في بلادها. وفي نوفمبر 2010

حصلت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية على ترخيص من الهيئة الاتحادية للرقابة النووية للعمل في موقع براكة؛ الموقع الأول والمفضل لبناء محطة طاقة نووية، وهو يقع في المنطقة الغربية لإمارة أبوظبي، على بعد 330 كيلومتراً غرب مدينة أبوظبي. وقد قدّمت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية تقرير التحليل الأوَّلي للسلامة (أعدّته شركة كيبكو) إلى الهيئة الاتحادية للرقابة النووية في ديسمبر 2010 من أجل الحصول على الترخيص بالبناء. وتجري أعمال التجهيز وتحضير الأرض في موقع براكة على قدم وساق في أثناء كتابة هذه السطور. ونظراً إلى المصداقية التي اكتسبتها شركات الإنشاءات الكورية في منطقة الخليج على مدى عقود عديدة، من المتوقع أن يُنجز فريق مشروع براكة عمله في الموعد المحدد، وفي حدود الميزانية المرصودة، والأهم من ذلك كله بجودة عالية. وعلى كلٍّ، يشترك في مشروع براكة للطاقة النووية فِرَق المشاريع نفسها التي تشكّل خط التزويد نفسه في الشركات التي تعمل في مشاريع محطات الطاقة النووية الكورية.

هناك العديد من مجالات التزويد الإضافية في مشروع براكة للطاقة النووية، والتي قد تتجاوز المشروع العادي لبناء محطات طاقة نووية. أحدها هو أن على شركة كيبكو الحصول على شهادة تصميم من مفوضية الرقابة النووية الأمريكية لمفاعل الطاقة المتقدم APR1400 بهدف تطوير ضمانات إضافية دون أن يكون ذلك التزاماً تعاقدياً. وتم حشد المؤسسات ذات الصلة التي أعدّت تقرير التحليل الأوَّلي للسلامة الخاص بمشروع براكة للطاقة النووية، للتقدم للحصول على شهادة التصميم ومتابعة إجراءاتها، وكأن مفاعل APR1400 يُراد بناؤه في الولايات المتحدة. وبالفعل، قبل تقديم الطلب لشهادة التصميم عُقد اجتماعان، بين مفوضية الرقابة النووية الأمريكية ونظيرتها الكورية في عام 2010. وكانت تجري عمليات مماثلة في مفوضية الرقابة النووية الأمريكية لاستخراج شهادات تصميم لمفاعل الماء المضغوط الأوربي الفرنسي، ومفاعل الماء المضغوط المتقدم الياباني. وكان على كوريا التزام وطني آخر، هو المساعدة في إنشاء قسم جديد للهندسة النووية في شعبة الدراسات العليا بجامعة خليفة في أبوظبي. وبدأ قسم الهندسة النووية وهندسة الكم بالمعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا يقود الجهود في إعداد المناهج الدراسية

وإيفاد الأساتذة إلى أبوظبي، في حين شرعت جامعة خليفة في استقطاب الطلاب الإماراتيين المؤهلين، فضلاً عن الحصول على الاعتماد الأكاديمي للقسم الجديد من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الإماراتية.

هناك العديد من الروابط الفريدة التي تجمع بين دولة الإمارات العربية المتحدة وكوريا الجنوبية في التاريخ الحديث. فقد استقلت دولة الإمارات العربية المتحدة عن بريطانيا في عام 1971، في حين استقلت كوريا عن اليابان بعد الحرب العالمية الثانية. وتتألف دولة الإمارات العربية المتحدة من سبع إمارات، هي: أبوظبي، ودبي، والشارقة، والفجيرة، وعجمان، ورأس الخيمة، وأم القيوين. وتُعد دولة الإمارات عضواً في مجلس التعاون لدول الخليج العربية، وفي منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك). وتبلغ مساحة دولة الإمارات العربية المتحدة نحو 80 في المئة من مساحة كوريا الجنوبية، غير أن سكانها لا يمثلون إلا 10 في المئة تقريباً من سكان كوريا الجنوبية. وكان كلا البلدين من أفقر الدول في سنوات تشكيلهما المبكرة. وقد غيرت أزمة النفط الأولى في عام 1973 كل شيء في دولة الإمارات، عندما ارتفع سعر النفط إلى أربعة أضعاف بين عشية وضحاها. وكانت دولة الإمارات العربية المتحدة أكثر حظاً بوجود القائد الملهم الشيخ زايد بن سلطان آل نهيان، أول رئيس لدولة الإمارات العربية المتحدة. لقد كان فهمه لاحتياجات التنمية في بلاده فهماً مدهشاً ومتبصّراً، فأحدث ثورة تنموية في البلاد حولتها إلى معجزة حديثة، فكان أشبه بالرئيس بارك تشونغ-هي في تحقيقه «معجزة نهر هان». ويمكن القول حرفياً، إن كلاً من دولة الإمارات العربية المتحدة وكوريا الجنوبية صعدتا من دائرة الدول الأفقر إلى رحاب الاقتصادات الأكثر تقدماً في الفترة نفسها خلال السنوات الأربعين الأخيرة. وبعبارة أخرى، تشترك الدولتان في ذكريات خروجهما من الفقر إلى الثراء من خلال العمل الدؤوب والقيادة الحكيمة. ففي عدد نهاية عام 2011 من مجلة **الإيكونوميست**: «العالم في عام 2011»، ورد أن نصيب الفرد الإماراتي من الناتج المحلي الإجمالي يبلغ 44,450 دولاراً أمريكياً؛ أي نحو ضعفي نصيب الفرد الكوري الذي يبلغ 22,050 دولاراً (لكن باستخدام معادل القوة الشرائية، لا يوجد فرق كبير بين هذين الرقمين، حيث نحصل على 27,690 دولاراً و31,400 دولار على التوالي).[4]

براكة على طريق الحرير

يُعد المتحف الأشمولي للفن والآثار Ashmolean Museum بجامعة أوكسفورد أقدم متحف جامعي في العالم، حيث يرجع تاريخه إلى القرن السابع عشر. وأُعيد افتتاحه في عام 2010 بعد أعمال التجديد الرئيسية التي أجريت له. وقد لفت انتباهي وجود خريطة حائطية جديدة في قاعة المدخل الرئيسي للمتحف توضح عالم «طريق الحرير» القديم، وعليها نقش كبير يقول: «عبور الثقافات، عبور الزمن». ولابد من أن يكون هذا نهجاً جديداً يقوم على الفكرة البسيطة بأن الثقافات تتفاعل ويؤثر بعضها في بعضها الآخر. ويأتي هذا التفاعل في أشكال عديدة: في اقتباس الأديان، ونقل القدرات التكنولوجية، وهجرات البشر. إن المتحف الأشمولي يمثل مكاناً رائعاً لتقدير الثقافات والحضارات التي يربط بينها تاريخ مشترك. وتمتد هذه الحضارات من أوروبا غرباً مروراً بالشرق الأوسط وآسيا إلى الشرق الأقصى، منذ أزمان سحيقة حتى يومنا هذا. كان طريق الحرير القديم الطريق الرئيسي لعبور الثقافات من الشرق إلى الغرب، أو العكس. وقد أطلق عليه البارون الألماني فرديناند فون ريشتهوفن اسم «طريق الحرير» في عام 1877 استلهاماً لفكرة تجارة الحرير الصيني المربحة، عندما قام بالعديد من الرحلات إلى الصين. وكان الطريق يتكون من شبكة من المسالك البرية والبحرية التي تربط بين المدن الرئيسية الكبرى في العصور القديمة: روما وإسطنبول وبغداد وسمرقند وشيان، وغيونجو في كوريا. كما أن المسالك البحرية كانت تعج بالنشاط الملاحي من البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر والخليج العربي والمحيط الهندي ومضيق مَلَقا إلى اليابان. ولم يكن الحرير السلعة الوحيدة، فقد تم نقل العديد من القدرات التكنولوجية عبر طريق الحرير، بما فيها تكنولوجيا صناعة الورق والبارود.

لقد أدركتُ فجأة أن البلدان الواقعة على طريق الحرير – تركيا، ودولة الإمارات العربية المتحدة، وباكستان، والهند، والصين، وفيتنام، وكوريا، واليابان - تشترك جميعها في صفة واحدة؛ فهي من بين دول الطاقة النووية الأكثر نشاطاً في القرن الحادي والعشرين. لقد اخترع الغرب تكنولوجيا الطاقة النووية خلال القرن الماضي. وكانت اليابان أول دولة آسيوية تستورد التكنولوجيا من الولايات المتحدة في ستينيات القرن العشرين، وتطوّر

تكنولوجيا الطاقة النووية الخاصة بها. ونقلت كوريا الجنوبية أيضاً التكنولوجيا من الولايات المتحدة في ثمانينيات القرن العشرين، وبنت أسطولها الخاص من محطات الطاقة النووية، بل إنها نجحت تالياً في تصدير المحطات النووية إلى دولة الإمارات العربية المتحدة. وربما تسير الصين في الاتجاه نفسه قريباً. ولاشك في أن النهضة النووية آتية إلى آسيا بطريقة أقوى مما في أي مكان آخر على وجه الأرض. فأكثر من 60 في المئة من سكان العالم (6.8 مليارات نسمة) يعيشون اليوم في آسيا، وتمثل الصين والهند وحدهما نحو 40 في المئة من سكان العالم، إلا أن استهلاك الكهرباء فيهما أقل بكثير من متوسط الاستهلاك في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. فلدى هاتين الدولتين اقتصاد مزدهر سيتطلّب المزيد من إنتاج الكهرباء، وقدرة على تمويل أساطيل ضخمة من محطات الطاقة النووية، والتزام حكومي واضح بتحقيق التنمية الاقتصادية باستخدام الطاقة النووية. ولإعطاء فكرة فقط عن حجم النهضة النووية المقبلة في آسيا، والصين والهند على وجه الخصوص، سيكون من المفيد إيراد البيانات التالية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن وضع محطات الطاقة النووية في الدول الآسيوية. إن قاعدة بيانات المفاعلات النووية التابعة للوكالة الدولية للطاقة الذرية تُعدّ المصدر الأكثر دقة، حيث يجري تحديثها كل شهر لتعكس الوضع العالمي. وقد تم تصنيف فئات محطات الطاقة النووية في أربع مجموعات، وفقاً لمعايير الوكالة الدولية للطاقة الذرية:

- المحطات النووية العاملة: مربوطة بالشبكة الكهربائية.
- تحت التشييد: تم صب الخرسانة الإسمنتية الأولى.
- المحطات المخطط بناؤها: اكتملت الموافقات والتمويل والعقود الرئيسية.
- المحطات المقترحة: تم إعداد البرنامج المخصص أو تحديد المواقع المقترحة.

إن جميع المحطات النووية المذكورة المخطط لها من المتوقع أن تدخل حيّز التشغيل في غضون السنوات العشر المقبلة، أما المحطات النووية المقترحة فستدخل حيز التشغيل غالباً في غضون خمسة عشرة عاماً، وفقاً لقاعدة بيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

الجدول (13-1)

وضع الطاقة النووية في آسيا (عدد محطات الطاقة النووية حتى ديسمبر 2010)

	محطة عاملة	تحت التشييد	مخطط لها	مقترحة	الإجمالي
بنغلاديش	0	0	0	2	2
الصين	13	26	37	120	196
الهند	19	6	18	40	83
إندونيسيا	0	0	2	4	6
إيران	0	1	2	1	4
اليابان	55	2	12	1	70
الأردن	0	0	1	0	1
كوريا الشمالية	0	0	0	1	1
كوريا الجنوبية	20	6	6	0	32
ماليزيا	0	0	0	1	1
باكستان	2	1	2	2	7
تايلند	0	0	2	5	7
تركيا	0	0	4	4	8
دولة الإمارات	0	0	4	10	14
فيتنام	0	0	2	12	14
(تايوان)	6	2	0	1	9
إجمالي آسيا	**115** (٪26)	**44** (٪68)	**92** (٪64)	**204** (٪61)	**455** (٪46)
إجمالي العالم	**447**	**65**	**143**	**332**	**987**

المصدر:

World Nuclear Association, "World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements," December 1, 2010; available at: (www.world-nuclear.org).

يُظهر الجدول (13-1) هيمنة واضحة من قِبَل أربع دول تستخدم الطاقة الكهربائية النووية اليوم، هي: الصين، والهند، واليابان، وكوريا. غير أن إجمالي إنتاج الكهرباء النووية

في 15 دولة آسيوية (إضافة إلى تـايوان) يمثـل نحـو 20 في المئـة مـن إجمـالي إنتـاج الطاقـة الكهربائية النووية في العالم في عام 2010. ومع ذلك، فـإن هـذه الـصورة سـتتغير جـذرياً نتيجة للأعداد الكبيرة من محطات الطاقة النووية التي مازالت تحت الإنشاء (يوجد في آسيا 68 في المئة من المحطات الجديدة في العالم التـي مازالـت تحـت الإنـشاء)، وسيـستمر هـذا الاتجاه في السنوات المقبلة (64 في المئة من المحطات النووية المخطط لهـا، و61 في المئـة مـن المحطات المقترحة في العالم توجد في آسيا). ولابد من إيلاء اهتمام خـاص بالـصين والهنـد فيما يتعلق بنمو إنتاجهما من الطاقة النوويـة في المـستقبل، بـالتوازي مـع النمـو المتوقـع في اقتصاديهما الوطنيين. ففي عام 2010 وحده بدأ العمل في بناء 12 محطة طاقة نووية جديـدة في جميع أنحاء العالم (بمعنى أن الخرسـانة الإسـمنتية الأولى قـد تـم صـبّها). وتقـع ثـماني محطات منها في الصين (فوكينغ 3، ونينغده 3، وتايشان 2، وتـشانغجيانغ 1 و2، وهاييـانغ 2، وفانغتشنغانغ 1، ويانغجيانغ 3)، واثنتان في الهند (كاكرابار 3 و4)، واثنتـان في روسـيا (لينينغراد II-2، وروستوف 4)، هذا للتوضيح فقط.

وعندما نـضع مواقـع المحطـات النوويـة المعروفـة (العاملـة والتـي تحـت التـشييد والمخطط لها فقط، لأن بعض مواقع المحطات المقترحة غير معروفة حتى الآن)، ومـسالك طريق الحرير القديم على خريطة آسيا، يمكننا إيجاد رابـط مـدهش بـين العـصور القديمـة والقـرن الحـادي والعـشرين. إنهـا نهـضة نوويـة بـدأت تنتـشر بقـوة في آسـيا. إن الـسلع والتكنولوجيات الخاصة ببناء محطات الطاقة النوويـة وتـشغيلها سـتتدفق إلى دول الطاقـة النووية عبر المسالك الجوية والبحرية والبرية. وستحل طائرات الجامبو العملاقـة وسـفن الحاويات البحرية محل الجمال والخيل التي كانت تستخدم في أيام طريق الحرير الغابرة.

ولعل مثالاً واحداً من دولة الإمارات العربية المتحـدة يوضـح هـذا الأمـر بجـلاء؛ فمشروع محطة براكة للطاقة النووية (الذي تم التوقيـع عـلى عقـده في ديـسمبر 2009 بـين مؤسسة الإمارات للطاقة النووية وشركة كيبكو الكورية الجنوبيـة) بـدأ يحـشد عـلى نحـو واسع للقوة العاملة، ولتصميم المحطة، ولتصنيع المعدّات، ولبناء الموقع. ويقع موقع براكة

في المنطقة الغربية لإمارة أبوظبي. وستسافر القوة العاملة في المشروع على متن طائرات جامبو من مطار إنتشيون إلى دبي وأبوظبي دون توقف. وسيتم شحن المئات والآلاف من المعدات الثقيلة المنتَجة في كوريا، وأماكن أخرى، في سفن حاويات بحرية تُبحر من ميناء بوسان وموانئ أخرى عبر بحر الصين الجنوبي إلى مضيق مَلَقا ثم المحيط الهندي، وأخيراً إلى موقع براكة على ساحل الخليج العربي. وسيأتي ذلك اليوم التاريخي في عام 2014 الذي يتم فيه شحن أول وعاء مفاعل لوحدة براكة 1 على متن ناقلة بحرية من مصنع دوسان بمنطقة تشانغوون، لتبحر به إلى موقع براكة على ساحل الخليج العربي. هذا الخط يسير بالضبط تقريباً على مسلك طريق الحرير البحري القديم. وسيشهد العالم «طريق الحرير النووي» وهو يعمل فعلياً. لقد أسعدني أن أكتشف أن الموضوع الرئيسي لهذا الكتاب الذي يربط صفة «النووي» بـ«طريق الحرير» القديم، كان أول من كتب عنه هو روه أون-راي (مدير رفيع سابق لشركة كيبكو، وعمل رئيسياً لشركة الوقود النووي الكورية) في عام 2005 في مجلة الشركة. لقد تناول «روه» طريق الحرير من منظور تاريخي، وتنبأ بأن التجار النوويين الكوريين قد يسافرون يوماً ما عبر طريق الحرير ... فيا لَبصيرته وبُعد نظره![5]

مفاعلات كورية حقاً

مع توقع تحقيق أول مشروع لتصدير محطات نووية، وضعت الحكومة الكورية في عام 2006 البرنامج الوطني التالي للسنوات العشر المقبلة، تحت اسم Nu-Tech2015، على غرار برنامج مفاعلات الجيل التالي الكورية في فترة تسعينيات القرن العشرين. وكان هذا البرنامج يهدف إلى استحداث قاعدة لتكنولوجيا محطات الطاقة النووية تكون مستقلة تماماً عن حقوق الملكية الفكرية الأجنبية المصاحبة لبراءات الاختراع والمعرفة التقنية. ولنتذكر الحملة الوطنية في أثناء تنفيذ مشروع يونغوانغ 3 و 4 لتحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني بحلول عام 1995، عندما تم ربط ثلاث وحدات بالشبكة الكهربائية. أما النسبة المستبعدة (5 في المئة) من برنامج الاعتماد الذاتي التقني فقد صُنِّفت في ثلاث فئات: رموز تصميم قلب المفاعل التي يملكها طرف ثالث (خصوصاً الحكومة الأمريكية، ومن ثم لا يمكن نقل

الملكية إلى كوريا ضمن اتفاقيات نقل التكنولوجيا)، ومضخات تبريد المفاعل، ومركز التحكم في محطة الطاقة النووية (نظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة). هذه العناصر المختارة تم استثناؤها من برنامج الاعتماد الذاتي ليس لتعقيداتها التقنية فحسب، بل لانعدام الحوافز الاقتصادية على توطينها نتيجة لمحدودية إمكانات السوق. لذلك، تم توفير العناصر الثلاثة المذكورة أعلاه بعقود مع موردين أجانب في الولايات المتحدة وألمانيا (أو بالحصول على الحقوق فقط لاستخدام رموز التصميم دون نقل تلك الحقوق) لجميع وحدات مفاعلات الجيل التالي الكورية ووحدات مفاعلات الطاقة المتقدمة APR1400 التي يجري بناؤها في كوريا. وحتى في أول مشروع تصدير لدولة الإمارات العربية المتحدة، تم اعتماد سياسة الاستعانة بهؤلاء الموردِّين الأجانب أنفسهم لتوفير مضخات تبريد المفاعل ونظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة. وكان لهذا الإجراء مغزى استراتيجي بإدخال شركات نووية أجنبية كبرى ومعروفة، مثل وستنجهاوس، في مشروع كوري.

كان برنامج Nu-Tech2015 يهدف إلى استحداث تصميم لمفاعل الطاقة المتقدّم المعزَّز +APR بحيث يتوافق مع التصميم المعياري المعتمد لدى الجهة الرقابية الكورية، وذلك بحلول عام 2015. ويمكن القول بأن هذا التصميم متحرر تماماً من الاعتماد على التكنولوجيا الأجنبية، خصوصاً في تعامله مع العناصر الثلاثة سالفة الذكر. وقد تم حشد المؤسسات النووية نفسها التي شاركت في برنامج مفاعلات الجيل التالي الكورية: الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية لإدارة المشروع؛ والشركة الكورية لهندسة الطاقة لتصميم المحطات النووية بما في ذلك تصميم نظم المفاعلات؛ وشركة دوسان لتطوير مضخات تبريد المفاعل ونظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة؛ ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لتطوير الرموز واختبار التحقق. وفي هذه المرة أيضاً تم الاستعانة بنفس المؤسسات النووية في تطوير مفاعل الطاقة المعزز +APR، كما حدث في برنامج مفاعلات الجيل التالي الكورية في تسعينيات القرن العشرين، والمحطات النووية الكورية المعيارية في ثمانينيات القرن العشرين. وكان الفارق الوحيد هذه المرة هو التركيز على العناصر المحددة المطلوبة للموافقة على التصميم المعياري من الجهة الرقابية من حيث التصميم، والتصنيع،

واختبارات التحقق. وكان يجري تطوير العديد من الرموز الحاسوبية الضرورية لتصميم قلب المفاعل ورموز تحليل الحوادث الخطيرة، باستخدام كامل منشآت الاختبارات التجريبية، مثل الجهاز الحراري الهيدروليكي المتقدّم في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الذي يُستخدم لإجراء عمليات المحاكاة المتطورة، من أجل الحصول على الترخيص من المؤسسة الكورية للسلامة النووية. وقد استُخدم اثنان من رموز التصميم والتحليل الحاسوبية الرئيسية، المملوكان للحكومة الأمريكية، «فلاش» و«ريلاب» FLASH and RELAP على نطاق واسع في معظم مشاريع المحطات النووية الكورية المعيارية ومفاعلات الطاقة المتقدّمة APR1400 في كوريا. لقد كان معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يبذل جهداً كبيراً، بمساعدة الأوساط الأكاديمية، لاستحداث رموز حاسوبية متكاملة تحل محل الرموز المملوكة للحكومة الأمريكية. وكانت الرموز الحاسوبية المحلية، «سبيس» و«مارس» SPACE and MARS، تخضع لاختبارات التحقق؛ بغرض الحصول على الترخيص النهائي لها من المؤسسة الكورية للسلامة النووية. ويجري تطوير مضخات تبريد المفاعل، ونظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة في شركة دوسان للصناعات الثقيلة والشركة الكورية للطاقة المائية والنووية والشركة الكورية لهندسة الطاقة ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بدعم كامل من وزارة اقتصاد المعرفة ووزارة التربية والعلوم والتكنولوجيا، بهدف إنجاز التصميم المعياري المعتمد لدى الجهة الرقابية الكورية بحلول عام 2015. وفي فبراير 2009 أصدرت المؤسسة الكورية للسلامة النووية تقرير تقييم السلامة بشأن إمكانية الترخيص لنظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة الذي تم تطويره محلياً، تلاه أول عقد توريد لمشروع شين-أُلتشين 1 و2 في يوليو 2009، وهو ثاني مشروع لمفاعلات الطاقة المتقدّمة يتم تنفيذه في كوريا.

إنشاء نظم التحكم والأجهزة الدقيقة النووية الكورية

من المعروف أن محطات الطاقة النووية عموماً تميل إلى المحافظة المفرطة عندما يتعلق الأمر بتبنّي التكنولوجيات الأحدث، خصوصاً في مجال الإلكترونيات الرقمية الفائقة

التطور. فبدءاً من مرحلة التصميم، تحافظ محطات الطاقة النووية على التزامها المتأصل بمبدأ التكرار، ومفاهيم حواجز السلامة المتعددة. إن شروط الترخيص الإضافية من جهات الرقابة النووية تتطلب عدداً لا يُحصى من عمليات التحقق والتثبت، ليس فقط بشأن سلامة التصميم، بل أيضاً بشأن موثوقية مكونات النظام، وقابليتها للتشغيل. لهذا نجد أن نظم التحكم والأجهزة الدقيقة instrumentation & control systems في محطات الطاقة النووية بطيئة عموماً في تبنيها نظم التحكم الرقمية المتقدمة مقارنة مع غيرها من الصناعات؛ مثل الطيران المدني، والمصانع الكيميائية، ومحطات توليد الطاقة الأحفورية.

بدأت وزارة العلوم والتكنولوجيا الكورية في عام 2001 مشروعاً للبحوث والتطوير يهدف إلى تطوير نظام التحكم والأجهزة الدقيقة النووية، ودعت إليه خبراء من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري والمعهد الكوري لبحوث التكنولوجيا الكهربائية. وعُيِّن كيم كوك-هون (من المعهد الكوري لبحوث التكنولوجيا الكهربائية) مديراً لمشروع نظم التحكم والأجهزة الدقيقة النووية الذي أنشئ حديثاً. وانضم إلى المشروع كون كي-تشون وفريق التحكم والأجهزة الدقيقة التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وذلك للاستفادة من خبراتهم في تصميم النظم التي اكتسبوها من مشروع يونغوانغ 3 و4، وخصوصاً في مجال تطوير نظم السلامة، بما فيها نظام حماية المفاعلات، فضلاً عن الدراية بنظام Nuplex-80 الذي طورته شركة كومبسشن إنجنيرينغ. وبعد عدة سنوات من العمل التطويري في هندسة العتاد hardware والبرمجيات software، تمكن كيم وزملاؤه من كسب ثقة الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية، والحصول على فرص حقيقية لتنفيذ مشاريع المحطات النووية الجديدة. فانضمت الصناعات الكبرى، مثل شركة دوسان وشركة بوسكو لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، إلى جهود تطوير نظم التحكم والأجهزة الدقيقة النووية لأغراض تجارية، وذلك من خلال دمج النظم والمكونات، والاستفادة من تكنولوجيات نظم المعلومات الفائقة التطور المتوافرة في كوريا. وكانت المهمة الأصعب تتمثل في الحصول على تقرير تقييم السلامة من المؤسسة الكورية للسلامة

النووية بعد 12 شهراً من جهود التحقُّق والتثبُّت من كفاءة الأجهزة الدقيقة، عقب تسليم التقرير الخاص بالموضوع. وقد اتخذت الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية قراراً تاريخياً يقضي باعتماد نظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة المطور محلياً ليستخدم في مشروع شين-أُلتشين 1 و2 بعد اكتمال إجراءات الترخيص في عام 2009، ثم تم التوقيع على عقد توريد مع شركة دوسان تبعاً لذلك. وأجرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية مراجعة مستقلة لنظم التحكم والأجهزة الدقيقة النووية الكورية في عام 2010 للتأكد من تلبيتها لمعايير السلامة الدولية. وقد أكملت شركة دوسان إنشاء مصنعها الجديد لنظم التحكم والأجهزة الدقيقة النووية بالقرب من مدينة سوون بطاقة إنتاجية كافية لتوفير وحدات متعددة من هذه الأجهزة الدقيقة، بالإضافة إلى مصانعها للآلات الثقيلة في تشانغوون.[6] وفي الاحتفال بذكرى الانتهاء من إنشاء تكنولوجيا نظم التحكم والأجهزة الدقيقة النووية الكورية، اتخذت شركة دوسان قراراً تاريخياً آخر بدفع رسوم امتياز لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 2010 من أجل الحصول على ترخيص كامل باستخدام تكنولوجيات النظم الكورية للتحكم والأجهزة الدقيقة النووية. ومن المعروف أن هذه الرسوم تبلغ عدة ملايين تُدفَع مرة واحدة، بالإضافة إلى رسوم الامتياز التي تُدفع على فترة زمنية محددة. لقد سجّلت هذه الخطوة أول حالة اعتراف من صناعة نووية محلية بحقوق الملكية الفكرية للمختبر النووي الوطني.[7]

«حق الاستخدام» أم «الملكية»؟

مادام العالم أصبح أكثر ارتباطاً باقتصاد السوق، فلماذا الإصرار على استكمال هذه البنود الأخيرة (5 في المئة) من حزمة الاعتماد الذاتي؟ الإجابة المنطقية عن هذا السؤال يمكن إيجادها في حالة فرنسا، التي كانت تتمتع بإمكانية نقل تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط التي استوردتها من شركة وستنجهاوس في خمسينيات القرن العشرين. فقد نشرت شركة فراماتوم الفرنسية عدداً كبيراً من محطات الطاقة النووية المعيارية الموحّدة في فرنسا، ثم تلا ذلك تصدير محطات نووية وفق صيغة تسليم المفتاح إلى جنوب أفريقيا

والصين وكوريا الجنوبية. وعندما تقوم شركة أريفا الفرنسية (التي خلَفت فراماتوم) بتصدير محطات الطاقة (مفاعلات الماء المضغوط الأوربية) إلى الخارج، فلا يبدو أن لديها قضية موافقة على التصدير مع الولايات المتحدة، التي جاءت منها هذه التكنولوجيا. واليوم تُعد التكنولوجيا الفرنسية (تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط الأوربية) ناضجة ومستقلة بما يكفي عن تكنولوجيا وستنجهاوس الأصلية، وبذلك أصبحت حرة لتتنافس مع شركة وستنجهاوس في أي عطاءات. وبالإضافة إلى إمداد المستلزمات لبناء محطات الطاقة النووية، أصبح الفرنسيون قادرين على نقل تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط الأوربية إلى الدول المتلقية كحزمة منفصلة، كما يحدث اليوم في البرنامج الصيني لمفاعلات الماء المضغوط الأوربية. إن سعي الكوريِّين للحصول على تصديق التصميم المعياري بشأن تصميم محطات الطاقة النووية العاملة بمفاعل الطاقة المتقدم المعزَّز APR+، يُعد خطوة نحو الاقتراب من تحقيق «النضج والاستقلال التكنولوجي الكافي» ونيل الاعتراف بذلك من الولايات المتحدة، منشأ التكنولوجيا الأصلية لـ«نظام 80» و«نظام 80+». ومع ذلك، ليس واضحاً تماماً الآن كيف سيتم تحديد «التكنولوجيا الناضجة والمستقلة بما يكفي» بين الولايات المتحدة وكوريا الجنوبية. هذا الأمر قد يكون موضوعاً لتسوية قانونية بين محامي البراءات الدوليين الأعلى أجراً.

إن أحد جوانب الحقوق التكنولوجية القانونية التي كثيراً ما تُربك البعض هو الفرق الدقيق بين «الملكية» ownership و«حق الاستخدام» use right، على النحو المحدد في اتفاقات نقل التكنولوجيا؛ فيمكن للمرء أن «يمتلك» التكنولوجيا بطريقتين: إما عن طريق اختراعها وحمايتها بحقوق براءات الاختراع، أو بشرائها من شخص آخر لامتلاكها حصرياً، بمعنى امتلاك جميع الحقوق لبيعها أو استخدامها دون موافقة مسبَّقة من المالك الأصلي. إن «حق الاستخدام» عادة يعني أن المرء يمكن أن يصمِّم وينتج ويبيع المنتجات المرخَّصة في أي مكان، لكن ليس مسموحاً له بيع «التكنولوجيا نفسها» أو ترخيصها من الباطن، دون موافقة خطية مسبقة من المالك الأصلي. وكان نقل تكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط من الولايات المتحدة إلى كوريا، وفقاً لمبدأ «حق الاستخدام» وليس «الملكية»

لهذه التكنولوجيا، كما هو مكتوب في شروط «منح الترخيص». لكن ضمن حزمة «حق الاستخدام»، احتوى العقد الكوري على شروط إضافية مواتية للمرخَّص لـه، بـما فيهـا الإعفاء من دفع حق الامتياز (أو التنازل عن رسوم استخدام الترخيص) في أي مكـان، والتـصدير لبلـد ثالـث (بمـشاركة المـرخِّص). وبالإضـافة إلى ذلـك، سُـمِح بنقـل تكنولوجيات التشغيل والصيانة ومراجعة جوانب السلامة في محطات الطاقة النووية. إن عقد التصدير الذي أبرمته كوريا الجنوبية مع دولة الإمارات العربية المتحدة يوضح هذه النقطة جيداً. كما أن نفس مبـدأ المعاملـة بالمثـل ينطبـق عـلى الاختراعـات الكوريـة أو التحسينات التي تدخلها كوريا على التكنولوجيا المرخصة، كما في حالة مفاعلات الجيـل التالي الكورية من طراز مفاعل الطاقة المتقدم APR1400. إن شركة وستنجهاوس (آسيا براون بوفيري-كومبسشن إنجنيرينغ حينها) ستكون ملزمة بدفع رسوم امتيـاز لـشركة كيبكو قـدرها 4 في المئـة إذا قامـت شركـة وسـتنجهاوس ببيـع مفاعـل الطاقـة المتقـدم APR1400 لأي جهة كانت. وهذا منصوص عليه بوضوح في وثيقة اتفاقيـة الترخـيص الموقعة بين الكونسورتيوم الكوري وشركة كومبسشن إنجنيرينغ في عـام 1997، والتـي ماتزال سارية المفعول حتى اليوم.[8]

صغير لكنه «سمارت» (المفاعل المتقدّم المتكامل المصمم بمواصفات معيارية)

انصب اهتمامنا في هـذا الكتـاب، حتـى الآن، عـلى مفاعـل الطاقـة النوويـة لتوليـد الكهرباء. وكان الاتجـاه واضـحاً نحـو المفـاعلات ذات القـدرة الإنتاجيـة الكبـيرة؛ مـن مفاعلات لها قدرة على إنتاج 600 ميغاواط من الكهرباء في السنوات الأولى إلى مفـاعلات لها القدرة على إنتاج 1400 ميغاواط من الكهرباء، والتي يجري بناؤها اليوم لمواكبـة حجـم الاقتصاد. وهذا الاتجاه مناسب تماماً للبلدان النووية الكبيرة التـي لـديها شـبكة كهربائيـة كافية. ومع ذلك، فإن العديد من الدول النامية التي لا تمتلك شبكات كهربائية واسعة، قد تحتاج إلى وحدات نووية صغيرة الحجم، لها القـدرة عـلى إنتـاج 100-300 ميغـاواط مـن الكهرباء. كما أن احتياجاتها للطاقة تشمل تحلية مياه البحـر، مثـل العديـد مـن البلـدان في الشرق الأوسط. إن السوق العالمية للمفاعلات النووية لأغراض توليد الطاقة وتحلية المياه

العذبة سوق متنامية وحقيقية، تعززها مبادرات الاقتصاد الخالي من الانبعاثات الكربونية. وإن النهضة النووية العالمية في مجال المفاعلات النووية ستؤثر أيضاً في سوق المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم. ونجد أن الولايات المتحدة والأرجنتين وكوريا الجنوبية من بين الدول الرائدة في هذا النوع من التكنولوجيا النووية الصاعدة، حيث لم ينجح أحد في السوق التجارية حتى الآن. وبإجراء مسح صناعي سريع يتضح أن العديد من المورِّدين النوويين يعملون على تطوير نماذج للمفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم، ويتبنون تكنولوجيا مفاعلات مماثلة، ويتقدمون بالطلبات للحصول على شهادة التصميم من مفوضية الرقابة النووية الأمريكية (أو ما يعادلها) في الوقت الحاضر. واتضح أن خيار التكنولوجيا المفضل لكل مورّد هو نوع مفاعلات الماء المضغوط المتكامل الذي يستخدم وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب. إن صفة «المتكامل» Integral تعني عموماً أن دورة تبريد المفاعل بأكملها مصممة داخل وعاء المفاعل الذي يحتوي القلب ومولدات البخار وجهاز الضغط، وأحيانا مضخة التبريد الرئيسية. ويتم تصميم ميزات السلامة السلبية داخل نظام المفاعل؛ لأن مستوى الطاقة أقل بكثير مما في محطات الطاقة النووية (عُشْر تقريباً)، وذلك ضماناً للسلامة وسهولة التشغيل. وكانت ألمانيا رائدة الفكرة الأصلية لمفاعل الماء المضغوط المتكامل، ببناء السفينة «أوتو هان» Otto Hahn التي تعمل بالدفع النووي في ستينيات القرن العشرين. وكان للروس أيضاً سفن نووية مماثلة تعمل بمفاعلات متكاملة، لكن لم ينجح أحد حتى الآن في تحويلها إلى مفاعلات تجارية صغيرة ومتوسطة الحجم تُستخدم على اليابسة، وذلك لأن السوق النووية العالمية قد تلاشت منذ ثمانينيات القرن العشرين.

بدأت المبادرة الكورية لتطوير مفاعلات صغيرة ومتوسطة الحجم منذ عام 1997، عندما سُحبت مشاريع المحطات النووية التجارية من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وأُعطيت للشركة الكورية لهندسة الطاقة وشركة الوقود النووي الكورية، في إطار إعادة هيكلة الصناعة النووية. وكان ذلك وقتاً عاصفاً بأن يُنقَل أكثر من 600 من موظفي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى الصناعات الأخرى المعنية. غير أن إدارة المعهد قررت

الاحتفاظ بنحو 20 مهندساً متمرساً من مجموعة تصميم نظم المفاعلات، ليكونوا أعضاء رئيسيين في الفريق الجديد الخاص بتطوير المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم في المعهد. وكان كيم سي-هوان (الذي كان مديراً لمشروع تصميم الوقود لمفاعلات الماء المضغوط، ثم عمل لاحقاً نائباً لرئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري) المهندس الرئيسي لمشروع التطوير الجديد. وأُطلق على المشروع الجديد اسم «سمارت» SMART (المفاعل المتقدّم المتكامل المصمم بمواصفات معيارية)، وكان موجهاً حصرياً إلى سوق التصدير لأغراض التوليد المشترك للكهرباء والمياه العذبة من عمليات التحلية. لم تكن هناك حاجة محلية لمحطات نووية صغيرة الحجم وإنتاج مياه عذبة في كوريا، ولابد من أن تصدير محطات نووية بدا حلماً مستحيلاً للكثيرين في تلك الأيام. لقد لعب كيم سي-هوان دوراً مهماً ليس في تحفيز فريق «سمارت» فحسب، بل في اجتذاب الدعم الخارجي من الحكومة أيضاً. وكان دوره، كرئيس للمجموعة الاستشارية الدولية لتحلية المياه التابعة للوكالة الدولية للطاقة الذرية، مفيداً في الحصول على الدعم المحلي والاعتراف الدولي. وخلال السنوات الإحدى عشرة التالية، واصل مشروع «سمارت» أعمال التصميم الأساسي والنظري والتحليل والتحقق بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، على الرغم من العقبات الكثيرة التي واجهها المشروع مع الحكومة بشأن الموافقة عليه وتمويله. وأخيراً وافقت الحكومة في عام 2008 على المضي قدماً في المشروع، ليحصل على المصادقة على التصميم المعياري بنهاية عام 2011. لقد ازدادت احتمالات نجاح المشروع هذه المرة بمشاركة كونسورتيوم صناعي تقوده شركة كيبكو، وتدعمه شركات صناعية عملاقة؛ مثل شركة بوسكو للحديد والصلب، وشركة إس تي إكس لصناعة السفن. وكان هذا هو التحدي الذي لابد من أن تواجهه المؤسسات النووية الكورية: تصميم وبناء منتَج هندسي فريد من نوعه، مخصَّص للتشغيل التجاري، من العدم. وحدث توسيع منطقي لتكنولوجيا الطاقة النووية المحلية، من محطات الطاقة النووية الكورية المعيارية في ثمانينيات القرن العشرين ومفاعلات الطاقة المتقدمة APR1400 في بداية القرن الحادي والعشرين، من أجل ابتداع منتج كوري حقيقي: تكنولوجيا طاقة نووية أصلية في مشروع «سمارت». ولا توجد هنا أي محطة نووية

مرجعية للاستناد إليها. لقد اكتسب الكوريون ثقة كافية لمواجهة هذا التحدي، بدءاً من التصميم الجديد غير المجرَّب إلى التنفيذ النهائي.

يعمل مصممو نظام «سمارت» بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (نحو 100 موظف متفرغ) في مشروع للتصميم المعياري يستغرق ثلاث سنوات (2009-2011)، بغرض الحصول على المصادقة عليه (على التصميم المعياري) من المؤسسة الكورية للسلامة النووية. وتبلغ قدرة النموذج المعياري 330 ميغاواط من الطاقة الحرارية (90 ميغاواط كهربائي إضافة إلى 40 ألف طن من المياه العذبة يومياً)، وهو حجم كافٍ لتوفير الكهرباء والمياه لمدينة يبلغ عدد سكانها 100 ألف نسمة. وتجري أعمال التحليل والتحقق بشأن تطوير المعدات الرئيسية ورموز التصميم، باستخدام دورات الاختبار الحراري/الهيدروليكي المتكاملة بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وقد سُلِّم تقرير تحليل السلامة المعياري في نهاية عام 2010 لمراجعته بغرض الترخيص. وتم إعداد 12 تقريراً حول هذا الشأن لمعالجة المسائل المتعلقة بميزات التصميم الفريدة ومناهج التحليل. إن المعرفة التقنية والمعارف الأخرى التي تراكمت نتيجة لبرنامج الاعتماد الذاتي التقني في مجال محطات الطاقة النووية في ثمانينيات القرن العشرين -بدءاً من تكنولوجيا نظام 80 المستوردة، ثم نشر محطات الطاقة النووية الكورية المعيارية، ثم تطوير مفاعلات الجيل التالي الكورية، إلى الموافقة على مفاعلات الطاقة المتقدمة APR1400 قد أثمرت أخيراً بتحقيق مشروع «سمارت» خلال ربع القرن الماضي في كوريا. إنها مخاطرة تستحق الخوض فيها لتحقيق عائد أكبر، لكن النتيجة النهائية مازالت في رحم الغيب.[9]

سلسلة الإمداد

عندما كانت كوريا تستورد محطات الطاقة النووية من الولايات المتحدة وكندا وفرنسا في أيامها الأولى (السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين)، كانت الغالبية العظمى من المكوِّنات والمعدات مستوردة من بلدان المنشأ، خصوصاً تلك المتصلة بالسلامة النووية. وقد تم تصميم الآلاف من المكوِّنات الميكانيكية والكهربائية والإنشائية

المدنية، وتصنيعها والمصادقة عليها من قِبَل السلطات الوطنية المعنية بالمكوِّنات النووية. وتم اعتماد القوانين والمعايير الدولية - مثل معايير الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية، ومعهد الهندسة الكهربائية والإلكترونية، ومعهد الخرسانة الأمريكي - في محطات كوري ويونغوانغ النووية المستوردة من شركة وستنجهاوس، ومعايير قواعد التصميم والبناء في محطات أُلتشين النووية المستوردة من فرنسا، وقواعد جمعية المعايير الكندية في محطة ولسونغ النووية. لقد كان من الطبيعي تطبيق المعايير الصناعية المتبعة في بلدان المنشأ فيما يتعلق بالمشاريع المُنجزة بعقود تسليم المفتاح، غير أن الصناعات المحلية عانت عبئاً إضافياً بأن تصبح مؤهلة للمنافسة في العطاءات، لأن المحتويات/ المكوّنات المحلية بدأت تزداد في نهاية سبعينيات القرن العشرين، عندما اعتمدت شركة كيبكو نهج التعاقد بالتجزئة بدءاً من وحدات كوري 3 و4.

إن دعوة الصناعات المحلية وترقيتها لتصبح مؤهلة لتقديم عطاءات لمكوّنات محطات الطاقة النووية ومعدّاتها، تطلبت قراراً جريئاً من الإدارة، وإلا لكانت هذه الصناعات غير مؤهلة وغير مجرّبة. لقد استطاع كيم يونغ-جون، رئيس شركة كيبكو (1976-1982) وضع أساس راسخ في الشركة لإعداد برنامج للطاقة النووية بدعم من الصناعة المحلية. لقد كان وزيراً للزراعة في عهد بارك تشونغ-هي، لكنه ترك إرثاً دائماً كرئيس لشركة كيبكو، حيث تحققت بفضله خطط بناء محطات الطاقة النووية على المدى الطويل. فقد بدأ كيم يونغ-جون خطة لجعل الصناعات المحلية مؤهلة للمنافسة في عطاءات سلسلة إمدادات المعدّات لمحطات الطاقة النووية وفقاً لتخصص كل صناعة. وكحافز للصناعات المحلية لكي تتقدم إلى المشاركة، عرضت شركة كيبكو سياسة لضمان المشتريات حالما أصبحت هذه الصناعات مؤهلة. لقد كانت تلك خطوة جريئة من شركة المرافق الكهربائية الوطنية في سبعينيات القرن العشرين، عندما كانت الصناعات المحلية ماتزال في مراحلها الأولى من الناحية التقنية. علاوة على ذلك، استحدث كيم يونغ-جون فئة جديدة في نظام «موظفي القطاع النووي» لمنح حوافز أعلى للعاملين في مشاريع محطات الطاقة النووية. وتم استقطاب ألمع الموظفين الموهوبين للعمل في تخطيط وبناء وتشغيل

محطات الطاقة النووية في الشركة. ولاشك في أن الموظفين النوويين المتحمسين بشركة كيبكو قد ساهموا في واحدة من محطات الطاقة النووية الأفضل إدارة في العالم اليوم.[10]

كانت شركة كيبكو أول من استحدث قوانين صناعة الطاقة الكهربائية الكورية في عام 1975، بهدف وضع قواعد ومعايير كورية للصناعات المحلية تمكنها من تلبية معايير السلامة والجودة الصارمة. وكان لي تشانغ-كون من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، الذي عمل لاحقاً مفوضاً للطاقة الذرية، الرئيس المسؤول عن قوانين صناعة الطاقة الكهربائية الكورية منذ البداية. وكان الهدف الأساسي هو استبدال القواعد والمعايير الأجنبية، مثل معايير الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية وقواعد التصميم والبناء الفرنسية، بأخرى كورية تعكس الظروف المحلية. وكانت الصناعات الثقيلة الرئيسية، مثل الشركة الكورية للصناعات الثقيلة وشركة هيونداي للهندسة والإنشاء، تستعد بالفعل للحصول على شهادة الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية في سبعينيات القرن العشرين، حيث كانت تحدوها رغبة قوية في الانتقال إلى وضعية مورِّدي الطاقة النووية. ومع ذلك، كان معظم قصص الصناعات الصغيرة والمتوسطة الحجم مختلفاً. فتلك الصناعات لم تكن تمتلك البنية التحتية التي تمكنها من الحصول على شهادات عالية المستوى مثل شهادة الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية. فعلى سبيل المثال، بدأت شركة سامشين لتصنيع الصمامات توريد صمامات ذات مستوى غير آمن لبناء محطات كوري للطاقة النووية في ثمانينيات القرن العشرين. وكحافز للصناعة المحلية لكي تشارك في سلسلة إمداد المحطات النووية بمكوّنات ذات مستوى آمن، بدأت شركة كيبكو تقدم امتيازات شراء استثنائية للذين يدخلون في ترتيبات ترخيص خاصة مع مورّدين أجانب في البداية.

استغرق الأمر نحو 20 عاماً ليصبح معيار الصناعة الوطنية الكورية الذي استحدثته شركة كيبكو مُجازاً قانونياً من قِبَل الحكومة في عام 1995، بالتعاون والاتفاق الكامل مع الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية والمعايير الدولية الأخرى. ويتم تحديث قوانين صناعة الطاقة الكهربائية الكورية كل خمس سنوات بإضافة ملحقات سنوية (على غرار

الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية التي تقوم بتحديث معاييرها كل ثلاث سنوات). وهي فعلياً تشمل جميع الصناعات التي تنتج المعدّات الميكانيكية (نحـو 45 في المئـة مـن المكوِّنات)، والمعدات الكهربائية، والمعدات المدنية/ الإنشائية، والمواد النوويـة اللازمـة لتصميم محطات الطاقة النووية وبنائها. ويوجد اليوم أكثر من 200 مصنِّع كـوري محـلي مسجل في نظام قوانين صناعة الطاقة الكهربائية الكورية، باعتبارهم المؤهلين الوحيدين لتقديم العطاءات لجميع مشاريع محطات الطاقة النوويـة في كوريـا، ويـشكّلون سلـسلة إمداد دائمة للصناعات النووية. إن ما بدأته شركة كيبكو قبل 30 عاماً تقريباً يعود اليوم بفوائد عظيمة في الصناعات الاقتصادية والنوويـة التـي أصـبحت قـادرة عـلى المنافـسة دولياً. إن سلسلة الإمداد تلك تعد الركيزة التي تقوم عليها اقتصادات الطاقة النووية في كوريا اليوم.[11]

الفصل الرابع عشر

قصة مفاعل البحوث

تُستخدَم مفاعلات البحوث كأدوات رئيسية لتطوير العلوم النووية والهندسة النووية، وكمصادر للنيوترونات اللازمة لاختبار المواد النووية وإجراء البحوث النووية وإنتاج النظائر المشعة، في حين أن مفاعلات الطاقة تنتج الحرارة اللازمة لتوليد الكهرباء. وتعد مفاعلات البحوث أصغر حجماً وأبسط من مفاعلات الطاقة، وتعمل في درجات حرارة منخفضة وضغط منخفض، وتحتاج إلى كمية قليلة جداً من الوقود، لكنها تتطلب يورانيوم عالي التخصيب؛ عادة وقود يورانيوم U-235 مخصب بنسبة 20 في المئة، لكي تنتج تدفقاً عالياً من النيوترونات وطاقة أعلى كثافة. ويبلغ عدد المفاعلات البحثية العاملة اليوم في العالم نحو 250 مفاعلاً، منتشرة في نحو 50 دولة، بما فيها قارة أفريقيا؛ فمفاعلات البحوث موزعة على نطاق أوسع بكثير من مفاعلات الطاقة. كما تُعد مفاعلات البحوث عموماً خطوة تمهيدية لإدخال مفاعلات الطاقة، لأنها الأداة الرئيسية لتدريب القوة العاملة النووية، وكذلك لإدخال العلوم النووية. فبعض النظائر الطبية/ الصناعية الرئيسية التي تستخدم لتشخيص أمراض السرطان وفي الاختبارات اللاإتلافية، مثل تكنيتيوم-99 وإيريديوم-192، يُنتَج حصرياً في مفاعلات البحوث. وجميع الدول الثلاثين التي لديها محطات طاقة نووية تمتلك عدداً كبيراً من مفاعلات البحوث المساندة لبرنامج الطاقة النووية فيها، لكن بعض الدول التي لديها مفاعلات بحوث لا توجد فيها مفاعلات طاقة حتى الآن. إن قصة مفاعل البحوث الكورية، الذي كان له نصيبه من النجاحات والإخفاقات خلال نصف القرن الماضي، قد تسلط بعض الضوء على كيفية تطوره ومساهمته في برنامج مفاعلات الطاقة. ما بدأ كمفاعل بحوث بسيط، منخفض الطاقة، مستورد من الولايات المتحدة في عام 1959، ثم تطوّر بعد 35 عاماً إلى مفاعل التطبيق

المتقدم للنيوترونات العالية التدفق، المصمم محلياً، قد نتج عنه أول عقد تصدير بتسليم المفتاح لمفاعل بحوث إلى الأردن في عام 2010. لقد كان أول مشروع لتصدير مفاعل بحوث، بالتزامن تقريباً مع اختيار دولة الإمارات العربية المتحدة لمفاعل طاقة كوري. لقد كان ذلك أكثر من مجرد مصادفة.

إرث مفاعل التدريب في مجال بحوث النظائر (تريغا)

في عام 1958 أصدر الرئيس رِي سينغمان، أول رئيس لجمهورية كوريا، قراراً يقضي ببناء أول مفاعل بحوث في البلاد؛ مفاعل البحوث الكوري-1 (KRR-1)، بالتوازي مع تأسيس مركز بحوث الطاقة الذرية الكوري، في ضواحي مدينة سيول. ونظراً إلى أن كوريا كانت واحدة من أفقر البلدان في العالم في ذلك الوقت، فقد كانت تلك بداية جريئة وتاريخية. كان مفاعل البحوث الكوري-1 صغيراً ومنخفض القوة (250 كيلوواط فقط، مستورداً من شركة جنرال أتوميك الأمريكية)، وكان يُستخدَم لإجراء التجارب البسيطة، غير أن مجرد وجوده كان كافياً ليحفز جامعتين مرموقتين (جامعة هانيانغ وجامعة سيول الوطنية) على إنشاء أقسام للهندسة النووية لأول مرة في عام 1958 وعام 1959، على التوالي. وفي عام 1972، تم بناء مفاعل بحوث أقوى بعشرة أضعاف؛ مفاعل البحوث الكوري-2 (KRR-2)، بقدرة 2 ميغاواط من نوع تريغا) بالقرب من مفاعل البحوث الأول في مجمّع مركز بحوث الطاقة الذرية الكوري، لتلبية الطلب المتزايد على التطبيقات النووية في مجالات الصناعة وإنتاج النظائر المشعة وتدريب القوى العاملة.

وخلال العقدين الأوَّلين، كان في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري مفاعلان للبحوث لعبا دور الحاضنة لتدريب قادة الأنشطة النووية في المستقبل في كوريا الذين تقلّدوا لاحقاً مناصب رفيعة في جميع المؤسسات النووية. ومع ذلك، كان استخدام مفاعلات البحوث آخذاً في الانخفاض ابتداءً من منتصف سبعينيات القرن العشرين، حيث كان من الصعب تخصيص مفاعلَي البحوث الأول والثاني لمحاكاة مفاعل الطاقة بسبب ضعف كثافة الطاقة ومستوى تدفق النيوترونات فيهما. إلى جانب ذلك، فإن

السلسلة الأولى من محطات الطاقة النووية التي بُنِيت في كوريا كانت كلها بعقود تسليم المفتاح، ولا تتطلب الكثير من البحوث والتجارب المحلية. وكان لابد من تأجيل الحاجة الحقيقية إلى مفاعل بحوث عالي الطاقة إلى منتصف ثمانينيات القرن العشرين، حيث بدأ برنامج الاعتماد الذاتي في مجال محطات الطاقة النووية مع مشروع يونغوانغ 3 و4.[1]

كان أحد الحلول البديلة المستمدة من قصة «إغلاق معهد بحوث الطاقة الذري الكوري» في عام 1980 يتمثل في نقل مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بأكمله من سيول إلى دايجون (راجع الفصل الأول). وعندما تم تفعيل خطوة الانتقال إلى دايجون بشكل كامل في عام 1985، اتضح أن هناك صعوبة متزايدة في تشغيل مفاعلي البحوث في سيول. وفي الواقع، تم بيع مساحة مجمّع سيول لشركة كيبكو لتقيم عليه مركزاً للتدريب خاصاً بها، وأُجبر معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على إيقاف مفاعليْ البحوث الاثنين لتستخدمهما شركة كيبكو لأغراض أخرى لا صلة لها بالأنشطة النووية. وتعهدت الحكومة الكورية باستبدال المفاعلين في سيول بمفاعل أكثر قوة في دايدوك بعد اكتمال عملية الانتقال. واتضح أن هذا كان نعمة مستترة تجسدت في تصميم وبناء مفاعل بحوث محلي في تسعينيات القرن العشرين، هو مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات العالية التدفق. وتم إغلاق مفاعلي البحوث الأول والثاني في سيول إلى الأبد في يناير وديسمبر 1995 على التوالي. وبدأت أعمال إزالة التلوث وجميع المواد المشعة من قلب المفاعلين، وتعبئتها في براميل وحاويات. وهي الآن في انتظار المرحلة النهائية للتخلص من المخلفات في موقع مستودع النفايات الإشعاعية الذي أنشئ في غيونغجو بالقرب من موقع محطة ولسونغ للطاقة النووية. لقد أُخرج مبنى مفاعل البحوث الثاني تماماً من الخدمة في عام 2008، بينما سيحتفظ مبنى مفاعل البحوث الأول بشكله الأصلي بعد الإيقاف ليكون متحفاً تاريخياً للعلوم.[2]

الطريق إلى مفاعل التطبيق المتقدّم للنيوترونات العالية التدفق

بدأ التحضير لبناء مفاعل اختبار عالي الطاقة بتدفق عال للنيوترونات في وقت مبكر من سبعينيات القرن العشرين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، عندما كانت كوريا

تنظر في استيراد أول محطة للطاقة النووية من طراز كاندو من كندا. واستغرق الطريق إلى بناء مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات العالية التدفق وقتاً طويلاً للغاية، وكان أعلى تكلفة واضطراباً مما كان متوقعاً. وقد عُدّ مفاعل البحوث من نوع NRX (مفاعل البحوث النووية التجريبية) جزءاً من صفقة بناء محطة مفاعلات كاندو في ولسونغ. غير أن الانفجار النووي في الهند في عام 1974 أدى إلى تغيير تلك الخطة برمتها؛ لأن الحكومة الكندية فرضت حظراً على تصدير أي مفاعل من نوع NRX في المستقبل بسبب المخاوف من الانتشار النووي. وقد دفع الفضول الفكري، والرغبة في بناء أول مفاعل بحوث كوري بمجهود محلي، إلى ابتكار مشروع لبناء منشأة لاختبار التدفق الحراري في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، لتواصل عمليات التصميم الأساسية ابتداءً من عام 1976. وتولى كيم دونغ-هون (1931-1998، ونائب رئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لاحقاً)، مهمة الباحث الرئيسي. وكان قد شارك في مشروع استيراد مفاعل البحوث الكوري الأول KRR-1 بصيغة تسليم المفتاح، والمشروع المشترك لبناء مفاعل البحوث الكوري الثاني KRR-2 مع القطاع الصناعي المحلي، وقاد مشروع منشأة اختبار التدفق الحراري بصفته خبيراً في مجال تكنولوجيا مفاعلات البحوث. ومضى المشروع حتى مرحلة التصميم المفصّل، باعتماد وقود اليورانيوم الطبيعي، ثم توقف فجأة في عام 1981. وبسبب المخاوف الدولية بشأن منع الانتشار النووي كانت الضغوط تتصاعد للتخلي عن أي مفاعل بحوث يستخدم اليورانيوم الطبيعي. فاضطُرت الحكومة الكورية إلى إلغاء المشروع. ومع ذلك، فقد فتح المشروع المدارك حول كيفية تصميم مفاعل بحوث محلي جديد. فقد تم تطوير العديد من نماذج مكوّنات المفاعل واختبارها. وكانت تلك المرة الأولى التي حاول فيها العلماء الكوريون تطوير تصميم لمفاعل بحوث من الصفر.

كان السعي داخل معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري جارياً في بداية ثمانينيات القرن العشرين من أجل بناء مفاعل بحوث جديد وقوي بما يكفي ليكون مفيداً في عمليات اختبار مواد مفاعلات الطاقة، فضلاً عن تبديد المخاوف الدولية بشأن منع الانتشار النووي. لقد تم نقل مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من سيول إلى

دايجون، بينما كان مفاعلا البحوث الكوريّان القائمان الأول والثاني في انتظار الإغلاق الدائم. وبعد إلغاء المشروع مرتين سلفاً، عقد فريق المشروع العزم على المضي حتى النهاية. وحلت نعمة حقيقة من حيث لم يحتسب أحد. ولعل التقارير الاستخباراتية عن بناء مفاعل بحوث جديد (تقدّر قدرته بنحو 30 ميغاواط) بمركز يونغبيون النووي في كوريا الشمالية قد أقنعت الحكومة الكورية، بطريقة أو بأخرى، باستئناف قرار العمل من جديد في المشروع المُلغى. فتم استدعاء التقنيين في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بقيادة كيم دونغ-هون، فوراً لبدء العمل في مشروع جديد. لقد كانوا يعلمون أنها ستكون الفرصة الوحيدة في حياتهم لتصميم مفاعل بحوث جديد وإنجازه على نحو كامل، لتلبية متطلبات الاستخدام المختلفة، بما في ذلك اختبار المواد وتجارب شعاع النيوترون وإنتاج النظائر المشعة. وعلى هذا النحو أُعطي المشروع الاسم الرمزي «مفاعل البحوث الكوري المتعدد الأغراض» لتمييزه عمّا سبقه. وأُجريت دراسة جدوى معمّقة نتج في ضوئها تصميم نظري للمفاعل بالخصائص التالية:

- من نوع مفاعلات الحوض المفتوح (وليس من نوع مفاعلات الخزان).
- قدرته 30 ميغاواط حراري.
- يستخدم وقوداً نووياً من سيلسيد اليورانيوم المخصب بنسبة 19.8 في المئة (تلبية لمتطلبات منع الانتشار النووي، وليس يورانيوم طبيعياً أو عالي التخصيب).
- مبرّد ومهدّأ بالماء الخفيف، وقلبه محاط بالماء الثقيل.
- تدفق نيوتروني أقصى $5x\ 10^{14} n/cm^2.s$ يكفي لتلبية متطلبات الاستخدام المختلفة.

وبعد النظر في مفاعلات البحوث المماثلة التي تحت الإنشاء في الخارج - مفاعل أورفي ORPHEE بقدرة 14 ميغاواط في فرنسا؛ ومفاعل JRR-3 بقدرة 20 ميغاواط في اليابان؛ ومفاعل JANUS-30 بقدرة 25 ميغاواط في إندونيسيا؛ ومفاعل MAPLE-X بقدرة 25 ميغاواط في كندا - تم اتخاذ قرار بإقامة تحالف استراتيجي مع شركة الطاقة الذرية الكندية لوضع نهج للتصميم المشترك. وبدأ التصميم الأساسي في عام 1985

لإرسال فريق تصميم من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى مختبر وايتشيل النووي التابع لشركة الطاقة الذرية الكندية في مانيتوبا ومونتريال بمقاطعة كيبك للعمل في إطار نهج للتصميم المشترك. بعد ذلك، قامت شركة الطاقة الذرية الكندية بدور المستشار ودور المورّد لمكونات المفاعل على حد سواء، في حين اضطلعت المؤسسات الكورية بأعمال التصميم والبناء تحت إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وأُعطي مفاعل البحوث الكوري المتعدد الأغراض اسماً جديداً مناسباً، حيث أطلق عليه اسم «مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات عالية التدفق» (هانارو HANARO) مع بدء تشغيله. وفي فبراير 1995 بلغ المفاعل المرحلة الحرجة النووية الأولى، وكان ذلك يوماً تاريخياً لا يُنسى. لقد تمكن العلماء والمهندسون الكوريون من تصميم وبناء مفاعل بحوث حديث للمرة الأولى. وكان عليهم التغلب على الصعوبات التي واجهوها بشأن تأخير اكتمال المشروع وتجاوز ميزانيته المرصودة. وأقيم احتفال بتلك المناسبة أشرف عليه الرئيس كيم يونغ-سام، وصدر طابع بريد تذكاري، وأزيح الستار عن نصب تذكاري حجري تخليداً لذلك اليوم.[3] وفي عام 2002 كان يجري بناء مفاعلين من نوع MAPLE-X، كل منهما بقدرة 10 ميغاواط، في مختبر نهر تشوك النووي بغرض استبدال مفاعل NRX البالي المخصص لإنتاج النظائر المشعة. وقد تم اختيار مفاعل MAPLE-X الأصلي، بقدرة 25 ميغاواط، ليكون المفاعل المرجعي لمفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات العالية التدفق، نظراً لتقاربهما التقني وزمن بنائهما. وكانت الخطة الأولية هي أن يدخل مفاعل MAPLE-X حيّز التشغيل بحلول عام 1989، قبل عام من الخطة الأصلية لمفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات العالية التدفق. لكن، تعرّض مفاعلان كنديان لظروف استثنائية صعبة تضمنت دعاوى قانونية بين هيئة الرقابة والترخيص وشركة الطاقة الذرية الكندية، ما أدى إلى إغلاق مفاعلات MAPLE المكتملة نهائياً.

المشروع المبرم مع الأردن وما بعده

ربما يصعب عليك تقدير ظهور مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات عالية التدفق حقّ قدره إذا كنت غير متخصص في مفاعلات البحوث. فقد كان لابد من إجراء عدد من

اختبارات التصميم والتحليل والتحقق لمكوّنات المفاعل المهمة لكي تفي بمتطلبات الترخيص التي لم تكن واضحة دائماً. وعندما بدأ تشغيل مفاعل التطبيق المتقدم للنيوترونات عالية التدفق في عام 1995 لم تكن مركبة فيه إلا الأنظمة المعدة للاستخدامات الدنيا؛ مثل نظام التصوير الإشعاعي النيوتروني، ونظام إنتاج النظائر المشعة. ولم تتوفر فيه سوى البنى الهيكلية الأساسية اللازمة لتوسيع مجموعة المستخدمين في المستقبل. واليوم تعجّ غرفة المفاعل بمعدّات الاستخدام والأجهزة العملية التي تم تركيبها تدريجياً خلال السنوات الخمس عشرة الأخيرة من تشغيله. وأحدث الإضافات التي أُدخلت هي دورة اختبار الوقود، وجهاز منفَذ شعاع النيوترونات الباردة الذي ينقل النيوترونات الباردة من خلال أنابيب توجيه إلى المبنى الجديد المتَّصِل بالمفاعل. وأحد أمثلة الاستخدام التي تمت في المفاعل إلى اليوم هو اختبار التشعيع لوقود مفاعلات الطاقة والمواد التركيبية، وقد كان لذلك مساهمة مهمة في إطالة عمر محطة كوري النووية (وحدة كوري 1) لعشر سنوات. إن الخبرة المتراكمة في مجال التصميم والتشغيل أعطت مصممي النظم بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري الثقة الكافية ليبتدعوا تصميماً جديداً لمفاعل بحوث.

في عام 2009 جاءت أول فرصة للمشاركة في مشروع لمفاعل بحوث أجنبي. فقد فاز فريق معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ومعه الشركة الكورية لهندسة الطاقة، بمشروع لتجديد أحد مفاعلات البحوث في معهد ديمغريتوس اليوناني GRR-1 بالقرب من أثينا، وذلك لزيادة مستوى طاقته إلى 10 ميغاواط. لقد تعلّم الكوريون كيف ينافسون في عطاءات دولية مع شركات مشهورة في عالم توريد مفاعلات البحوث، مثل شركة أريفا الفرنسية، وشركة إنفاب INVAP الأرجنتينية. وسرعان ما تتابعت الفرص الأخرى لتقديم عطاءات دولية لمفاعل بالاس PALLAS بقدرة 80 ميغاواط في باتين بهولندا، ومفاعل البحوث والتدريب الأردني، بقدرة 5 ميغاواط، بالتنافس مع شركات التوريد الثلاث نفسها. وفي حين أن نتائج العطاءات لمفاعل بالاس لم يبتّ فيها حتى هذا اليوم من يناير 2011، فقد تم التوقيع على عقد بين هيئة الطاقة الذرية الأردنية، وكونسورتيوم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري/ دايو في مارس 2010 لتوريد مفاعل بحوث جديد إلى

الأردن بقدرة 5 ميغاواط. ويتضمن المشروع توريد المفاعل، إلى جانب منشأة لإنتاج النظائر المشعة، وإقامة مركز للتدريب على تقنيات المفاعلات النووية بحلول عام 2015، وذلك في رحاب جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية التي تقع على بُعد 70 كيلومتراً شمال مدينة عمّان. وقد بدأت أعمال تجهيز الموقع، ومن المفترض أن تقرير التحليل الأوّلي للسلامة قد تم تسليمه إلى هيئة الطاقة الذرية الأردنية في عام 2011. لقد ظلت جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية، منذ تأسيسها في عام 1986، في طليعة مؤسسات التعليم العالي في العالم العربي. فهي والجامعة الأردنية في عمّان تُعدّان أرقى وأفضل مؤسستين للتعليم العالي في مجال الهندسة والطب. ولدى الأردن رغبة واضحة في الانتقال إلى الطاقة النووية تجلت في إنشاء قسم للهندسة النووية في جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية في عام 2007. ويُعد مفاعل البحوث الخطوة المنطقية التالية نحو امتلاك الطاقة النووية، كما فعلت كوريا الجنوبية في سبعينيات القرن العشرين.[4]

سيظل عام 2009 عاماً بارزاً في تاريخ كوريا النووي، حيث بدأت فيه رحلتها إلى عالم التصدير النووي الجديد، بتصدير مفاعل طاقة إلى دولة الإمارات العربية المتحدة ومفاعل بحوث إلى الأردن. إن التشابه بين الحدثين يتجاوز ما كان يحدث في منطقة الشرق الأوسط في ذلك العام نفسه. فعلى الرغم من أن مشروع مفاعل البحوث أصغر بكثير من مشروع مفاعل الطاقة، فإنه توجد أوجه تشابه مدهشة من حيث الكيفية التي تم بها إدخال الوحدات (المفاعلات) الأولى إلى كوريا بمبدأ تسليم المفتاح، وكيف كان الاعتماد الذاتي التقني يتراكم في ذلك الوقت، وكيف تحدى الكوريون الشركات العالمية الكبرى في الفوز بالعطاءات الدولية. والأهم من ذلك كله هو أن الحدثين يربط بينهما جذر مشترك: معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وجاء الاعتراف المستحق من الأكاديمية الكورية الوطنية للهندسة في 16 ديسمبر 2010، في حفل توزيع الجوائز لـ«أهم مئة إنجاز هندسي في البلاد خلال السنوات المئة الأخيرة» الذي أقيم في سيول. وقد قُدّمت ثلاث من جوائز التميُّز لقطاع الطاقة النووية، وتحديداً للإنجازات التقنية التالية واللاعبين الأساسيين في كل منها:

- تكنولوجيا تصميم وبناء وتشغيل مفاعلات البحوث (تسعينيات القرن العشرين): يم سيونغ-يون، وأوه سي-كي، وها جاي-جو (معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري).
- تكنولوجيا تصميم محطات الطاقة النووية الكورية المعيارية (تسعينيات القرن العشرين): كيم بيونغ-كو، ولي بيونغ-ريونغ، وهان بيل-سون (معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري).
- تكنولوجيا تصميم وبناء مفاعل الطاقة المتقدّم (العقد الأول من القرن الحادي والعشرين): ريه تشونغ-هون، وتشوي يونغ-سانغ (شركة كيبكو).

لقد كانت مناسبة استثنائية وتكريماً خاصاً من أكاديمية الهندسة أن تعترف بالإنجازات التقنية المحلية البارزة خلال القرن الماضي، التي أخرجت كوريا من دائرة الفقر لتشهد معجزة اقتصادية. لقد نال كل من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كيبكو جائزة الإنجازات في وقت واحد. وإلى جانب تكريمي الشخصي بحصولي على واحدة من الجوائز الثلاث الممنوحة للقطاع النووي، كان يغمرني شعور عميق بالارتياح. فقد اعترف المجتمع المدني أخيراً بالاستخدام السلمي للطاقة النووية بسبب دوره في المعجزة الاقتصادية، وزالت الصراعات الداخلية والخارجية حوله. ولعل التنافس الطويل، والعداء أحياناً، بين المؤسسات النووية قد بدأ يتلاشى (أو، على الأقل، يرتقي إلى مستوى أعلى من النضج).

الخاتمة

على طريق الحرير النووي

إن نجاح كوريا الجنوبية يُعزى عموماً لشعبها. فهو شعب مشهور بأخلاقيات العمل الرفيعة، والتفاني الشديد، والتركيز الثابت على التفوق والتميّز، ولاسيما في اللحظات الحرجة. فمنافسات كأس العالم لكرة القدم في عام 2002، التي استضافتها كوريا الجنوبية واليابان، يمكن أن توضّح هذا الجانب. لم يكن متوقعاً أن يكون الفريق الكوري الجنوبي منافساً مهماً في تلك المباريات، رغم أنه الفريق المُضيف، إذ إنه لم يحدث أن فاز بكأس العالم قبل عام 2002. غير أن «الشياطين الحُمر» فاجأوا الجميع بوصولهم إلى الدور نصف النهائي، بين فِرق الدول الأربع الأولى. لقد ظلت جدّتي، التي تبلغ من العمر 99 عاماً ولم يكن لديها أدنى اهتمام بكرة القدم طوال حياتها، مستيقظة وواقفة طوال الليل تهتف للشياطين الحمر. لقد تحدّت كوريا الجنوبية العالم، وتحدّت النقّاد الرياضيين. وأعطى فريق الشياطين الحمر الأمة إحساساً جديداً بالثقة كما لم يحدث من قبل.

وبعد سبع سنوات، تحدى الكوريون الجنوبيون العالم مرة أخرى في مجال الطاقة النووية، وكان مكان التحدي هذه المرة هو أبوظبي على ساحل الخليج العربي. إن دولة الإمارات العربية المتحدة لديها خطط وطنية طموحة تهدف إلى الاستعداد والتحضير لفترة ما بعد النفط باستخدام الطاقة النووية كخيار مستقبلي لتوفير الطاقة. وشارك في المنافسة أشهر مورّدي الطاقة النووية في العالم؛ إضافة إلى الكونسورتيوم الكوري الجنوبي الأقل شهرة، بقيادة شركة كيبكو. وكانت مفاجأة للجميع، حيث فازت كوريا الجنوبية بالمنافسة بناء على التعهد بإنجاز المشروع ودعم البنية التحتية المحلية، بما في ذلك عملية التشغيل المشترك لمحطات الطاقة النووية، بالإضافة إلى العناصر الأساسية الأخرى، مثل السلامة النووية والجدوى الاقتصادية. هذا الحدث لوحده وفّر لي سبباً مقنعاً لتأليف هذا الكتاب؛

ليعرف العالم قصة نجاح كوريا الجنوبية في مجال الطاقة النووية. وآمل أن أزيل الغموض عن الروايات الداخلية أمام القراء في العالم، وأن أكشف لهم الكيفية التي نجحت بها كوريا الجنوبية في تطوير الطاقة النووية خلال نصف القرن الماضي. لقد حاولت تقديم صورة صحيحة ومكتملة للتاريخ النووي الكوري في حدود ما لدي من معلومات.

إن كوريا الجنوبية هي البلد الوحيد الذي خرج من مجموعة الدول الأقل نمواً (مصطلح تطلقه الأمم المتحدة على الدول الأشد فقراً) ليتحوّل إلى دولة مانحة في نصف القرن الماضي. ولابد من أن برنامج الطاقة النووية الذي نفذته هذه الدولة الصغيرة المكتظة بالسكان قد لعب دوراً كبيراً في إنعاشها، من خلال إمداد قاطرة النمو والتطور بمصدر للطاقة الكهربائية الوفيرة والموثوقة وبأسعار معقولة.

لقد سيطرت مدرستان فكريتان على برنامج الطاقة النووية الكوري خلال نصف القرن الماضي. إحداهما تتمثل في العقول البحثية التي صارت مؤقتاً القوة الدافعة لتكنولوجيا الطاقة النووية التجارية، وهي تنتمي إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. وتتمثل الأخرى في عقول الإدارة الصناعية التي تحولت إلى مشغِّلين وموردين منافسين في حقل الطاقة النووية، وهي تنتمي إلى شركة كيبكو. كان لكل من هاتين المؤسستين نصيبه من الصراعات الداخلية المستمرة حول توطين التكنولوجيا مقابل تحمُّل المخاطر. ومع ذلك، لابد من الاعتراف بفضل المؤسستين في توفير الأدمغة والقوة الإدارية في الأوقات المناسبة. وقد بدأت الصناعة النووية الكورية بمعمل بحوث صغير، لا تتعدى قدرته بضعة كيلوواطات، مستورد من الولايات المتحدة قبل خمسين عاماً، واليوم تتمتع البلاد بصناعة نووية مزدهرة من الطراز العالمي. وما يبدو «معجزة» صناعية يمكن فهمه على نحو أفضل بمعرفة كل الآلام وحالات النزاع الداخلي التي كانت تحدث خلف الكواليس مع كل قرار مفصلي، كما روينا ذلك في فصول هذا الكتاب. لقد حظيت كوريا الجنوبية بوجود القادة المناسبين في الوقت المناسب، بدءاً من قمة الحكومة نزولاً إلى مختلف مستويات العاملين. كانت الثمانينيات والتسعينيات من القرن العشرين تمثِّل عصر الظلام

النووي في العالم الغربي، عقب حادثة تشرنوبل، غير أن هذه الفترة أتاحت فرصة ثمينة لكوريا الجنوبية لكي تشيّد البنية التحتية الوطنية اللازمة للطاقة النووية، في الوقت المناسب تماماً للنهضة النووية. ويبدو أن المقولة الكلاسيكية عن تحول الأزمة إلى فرصة قد تحققت في كوريا الجنوبية. فإذا استرجعنا مسيرة توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا، كما هو موضح في هذا الكتاب، لابد من أن نعترف بأن النهج الذي اتبع هو الاعتماد على التكنولوجيا المستوردة والعبور على ظهرها من خلال نسخ وتكرار التقنيات المتوافرة في الولايات المتحدة. وكان المهندسون الكوريون نجباء وسريعي التعلُّم، لكن يجب ألا ننسى أنهم كانوا يتدربون على أيدي أفضل المدرِّبين من الولايات المتحدة. ومع ذلك، فإن الضعف النسبي في العلوم النووية الأساسية، وازدياد الرضا عن النفس يمكن أن يلازما الكوريين وهم ينتقلون من التكنولوجيا المستنسخة إلى ساحة الإبداع المتطور، حيث لا يمكن العثور على مدربين مقبولين. وقد يكون تعزيز التعاون الدولي من خلال المشاريع البحثية المشتركة هو السبيل الوحيد للمشاركة في التكنولوجيات المتقدمة بين البلدان المتماثلة. كما يمكن للدول النامية الأخرى التي تطمح للحصول على الطاقة النووية أن تستفيد من الدروس التي تعلمها الكوريون بطريقة شاقة.

بدأت الكوريتان برنامجيهما النوويين بداية مشابهة حتى منتصف سبعينيات القرن العشرين، عندما اختارت كوريا الشمالية تصنيع الأسلحة النووية في حين اختارت كوريا الجنوبية التركيز فقط على الاستخدام السلمي للطاقة النووية. واليوم لا يوجد مكان على هذا الكوكب يتجلى فيه وجها الذرَّة (السلمي والعسكري) بوضوح أكثر كما هي الحال في شبه الجزيرة الكورية. فصُور الأقمار الاصطناعية الليلية التي التُقطت من سماء شبه الجزيرة الكورية تشهد على هذه النتيجة: النصف الشمالي من الجزيرة يعيش في ظلام دامس وعزلة تامّة، والنصف الجنوبي يظهر مشرقاً كضوء النهار بفضل محطات الطاقة النووية العشرين التي تمده بالطاقة الكهربائية. هذا الكتاب يركز على كوريا الجنوبية فقط دون ذكر الكثير عن كوريا الشمالية. وكان من الصعب الحصول على معلومات موثوقة حول التكنولوجيا النووية في كوريا الشمالية، لأنها مازالت الدولة الأكثر عزلة وانغلاقاً في العالم، خصوصاً

فيها يتعلق بالمجال النووي. ولعل مشروع مفاعلات الماء الخفيف الذي تعهّدت بتنفيذه منظمة كيدو كان الاستثناء الوحيد، لأن كوريا الجنوبية كانت تحاول أن تبني في كوريا الشمالية نسخة مكررة من واحدة من محطات الطاقة النووية الكورية المعيارية التي لديها. وكان ذلك المشروع يعني للكوريين الجنوبيين أكثر من بناء محطة نووية أخرى، حيث كانوا يرونه طريقاً لإعادة توحيد الكوريتين. غير أن مجرى الأحداث اتخذ اتجاهاً مؤسفاً في منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، أدى إلى إيقاف مشروع مفاعلات الماء الخفيف. ومع ذلك، كانت النتيجة المباشرة تنطوي على جوانب إيجابية، لأن الخبرة التي اكتسبها الكوريون الجنوبيون في بناء مفاعلات الماء الخفيف قد تم تطبيقها فعلاً في أول مشروع للتصدير. فقد نجحت شركة كيبكو في تحويل نفسها من شركة مرافق كهربائية نووية ضخمة إلى شركة تقود كونسورتيوم لتصدير الطاقة النووية إلى الدول النامية. إن نموذج شركة كيبكو يمكن أن يُلقي ضوءاً جديداً على نموذج أعمال التصدير الذي كان متبعاً. فقد أدخلت شركة كيبكو نهجاً جديداً لكيفية بناء وتشغيل وامتلاك محطات الطاقة النووية.

كان طريق الحرير القديم ملتقى طرق للحضارات الممتدة من آسيا إلى أوربا طوال 1000 عام، وتشكلت عبره الروابط التجارية والثقافية في أوراسيا. كان التجار والمغامرون الشجعان يجازفون بحياتهم لاجتياز تلك الرحلة الطويلة، بعبور جبال بامير (في آسيا الوسطى) وصحاري غوبي (الواقعة بين الصين ومنغوليا)، في قوافل من الجمال والخيول على الطرق البرية. وكانت السفن الشراعية الكبيرة تمخر عباب البحر الأحمر والخليج العربي والمحيط الهندي، ثم تعبر مضيق مَلَقا لتصل إلى الصين واليابان وكوريا على طول المسالك الساحلية. ولم يكن التبادل التجاري مقتصراً على منتجات الحرير والمصنوعات الزجاجية فقط، بل شمل نقل تكنولوجيات أيضاً، مثل البارود. وعندما وقّعت دولة الإمارات العربية المتحدة على العقد مع الكونسورتيوم الكوري الجنوبي (وكانت تركيا تتفاوض مع اليابان حول بناء محطة طاقة نووية جديدة)، بدأ طريق الحرير القديم يعود فجأة إلى الحياة ببناء المحطات النووية الجديدة في القرن الحادي والعشرين. وكانت اليابان

وكوريا قد شيّدتا أسطولهما من محطات الطاقة النووية بالفعل باستخدام تكنولوجيات الطاقة النووية المحلية، حيث يوفر هذا الأسطول النسبة الكبرى من الطاقة الكهربائية المحلية. وتمتلك الصين والهند اليوم أكثر برامج الطاقة النووية طموحاً في العالم، ما يبرهن على مجيء عصر النهضة النووية بوضوح. وتعمل الصين بكل حماسة وعزيمة على نقل تكنولوجيات مفاعلات الماء المضغوط من الولايات المتحدة وفرنسا لإقامة البنى التحتية اللازمة لتكنولوجيا الطاقة النووية في الصين، كما فعلت اليابان وكوريا الجنوبية منذ عدة عقود. والفرق الوحيد هو أن النطاق أكبر والوتيرة أسرع في حالة الصين. ويُقال إن الصين ستمتلك قدرة نووية جديدة تبلغ 100 غيغاواط كهربائي بحلول عام 2030. وتسير الهند على خُطا الصين، وعلى مقربة منها، يشجعها في ذلك تخفيف الولايات المتحدة الأخير للحواجز التجارية النووية (كإجراء استثنائي لدولة غير موقّعة على معاهدة منع الانتشار النووي). وقريباً قد تشمل الدول الإضافية الجديدة كلاً من إيران ودولة الإمارات العربية المتحدة وتركيا وفيتنام وإندونيسيا وماليزيا وبنغلاديش في قارة آسيا. هذه الدول لا تمتلك جميعها ثروات مالية ضخمة، لكن لاشك في أن لديها الرغبة الوطنية في امتلاك الطاقة النووية، كما أن لديها اقتصاداً مزدهراً يسند هذه الرغبة. وإذا أخذنا جميع مواقع محطات الطاقة النووية المعلن عنها في هذه الدول، ووضعناها على خريطة الطرق التجارية القديمة في أوراسيا، يمكننا أن نرى طريق الحرير النووي الجديد. واليوم، يقوم طيران الإمارات برحلات يومية من سيول إلى دبي مستخدماً طائرات «سوبر جامبو» من نوع إيرباص A380، حاملاً نحو 500 راكباً في كل طائرة. وقريباً ستبحر سفن الحاويات من الموانئ الكورية إلى موقع محطات براكة للطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة عبر المسالك البحرية لطريق الحرير.

الرسالة جلية. فالنهضة النووية قادمة بوضوح في آسيا في دول طريق الحرير القديم. وهذه السوق الجديدة كبيرة بما يكفي لجميع الموردين النوويين الكبار العاملين اليوم في هذا المجال. إن الترابط بين القادمين الجدد للساحة النووية والدول المورِّدة سيكون في حاجة إلى المزيد من التعزيز الذي يتخطى الحدود التجارية، من أجل ضمان سلامة وأمن جميع

محطات الطاقة النووية العاملة في المنطقة على نحو مطلق. فعلينا ألا ننسى أن وقـوع حادثـة واحدة في أي مكان يعني وقوعها في كل مكان، والحاجـة إلى التعـاون الـدولي اليـوم أشـدّ إلحاحاً من أي وقت مضى. إن المعنى الحقيقي لـ«طريق الحرير النووي» هو تحقيـق الـسلام والازدهار بتوفير طاقة نووية آمنة واقتصادية في السنوات المقبلة.

خاتمة إضافية

مراجعات ما بعد حادثة فوكوشيما

كثير من الناس يَعُد اليابان واحدة من أكثر الدول أماناً للعمل والعيش فيها، والسفر إليها، لما تتميز به من بنية تحتية مدنية فائقة التطور، ومن ثقافة سلامة متجذِّرة في حياة اليابانيين اليومية. ولابد من أن يكون مستوى الوعي الشعبي والتأهب لمواجهة الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل وموجات المد البحري (تسونامي)، أعلى في اليابان، نظراً لتاريخ الأنشطة الزلزالية الطويل في الجزر اليابانية. فجميع محطات الطاقة النووية (54 محطة)، ومنشآت دورة الوقود العاملة في اليابان تم تصميمها وفقاً لأكثر المعايير الزلزالية، التي وضعها المجتمع النووي الدولي، صرامةً. ولكونها الدولة الوحيدة التي عانت مخاطر الإشعاع الناجمة عن ضربها بالقنابل النووية قبل نحو 65 سنة، فربما يكون الشعب الياباني أكثر الشعوب حساسية وإدراكاً لمخاطر النشاط الإشعاعي على الإنسان والبيئة. وبالرغم من جميع العقبات الطبيعية والإنسانية ضد الطاقة النووية، فقد اختارت اليابان المضي في استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية، كسياسة وطنية، منذ إعلان «الطاقة الذرية من أجل السلام» في عام 1953. واليوم، تحتل اليابان المرتبة الثالثة في العالم في توليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية، بعد الولايات المتحدة وفرنسا. وينتشر أسطولها من محطات الطاقة النووية في جميع أنحاء خطوطها الساحلية، ويمد البلاد بنحو 30 في المئة من احتياجاتها للكهرباء. وتُعدّ قاعدة التكنولوجيا النووية اليابانية من بين الأفضل في العالم، حيث تدعمها الأوساط الأكاديمية ومختبرات البحوث النووية وقطاع الصناعة. وقد تبنّت اليابان، أساساً، التكنولوجيا المنقولة من الولايات المتحدة لبناء مفاعلات الطاقة التجارية خلال نصف القرن الماضي.

تتولى تسع شركات مرافق كهربائية تشغيل محطات الطاقة النووية في اليابان، والتي يبلغ عددها 54 محطة. ومن بين هذه المحطات، توجد 30 وحدة من نوع مفاعلات الماء المغلي وتقع في الجزء الشمالي الشرقي من البلاد، و24 وحدة من نوع مفاعلات الماء المضغوط وتقع في الجزء الجنوبي الغربي من البلاد. وتعد شركة طوكيو للطاقة الكهربائية (تيبكو) أكبر شركة مرافق كهربائية في العالم مملوكة للقطاع الخاص، حيث تمتلك 17 من مفاعلات الماء المغلي العاملة في اليابان، موزعة كالتالي: ست وحدات في فوكوشيما دايتشي (يعني فوكوشيما 1)، وأربع وحدات في فوكوشيما داينـي (يعني فوكوشيما 2)، وسبع وحدات في كاشيوازاكي-كاريوا، على الساحل الغربي. تتّبع شركة طوكيو للطاقة الكهربائية سياسة فريدة من نوعها؛ فهي تساعد اثنتين من الشركات المحلية العاملة في مجال التوريد النووي، شركتا توشيبا وهيتاشي، في تصميم وبناء وحدات مكتملة من مفاعلات الماء المغلي على أساس التناوب. كما أن شبكاتها الكهربائية تستخدم تردداً يبلغ 50 هيرتز في شمال شرقي البلاد، في حين أن شبكات النصف الجنوبي الغربي من اليابان تستخدم تردد 60 هرتز، ما يجعل مقاسمة الكهرباء في حالات الطوارئ أمراً صعباً للغاية.

كنتُ على وشك الانتهاء من تأليف هذا الكتاب في أوائل مارس 2011 عندما ضرب الزلزال المدمر، الزلزال الكبير، الساحل الشمالي الشرقي لليابان. وكانت الأزمة التي تتكشف في فوكوشيما مستمرة، وأنا أبعث بهذا الكتاب إلى المطبعة. وقد ألحقتُ به هذه الخاتمة الإضافية غير المخطط لها ليس لإعطاء وصف مفصل وتحليل للحادثة نفسها، بل قصدت منها تقديم لمحة موجزة عن الحادثة، وماذا لو أنها حدثت لمحطات الطاقة النووية الكورية. ستظهر من هذه الحادثة دروس قيّمة يُمكن الاستفادة منها، كما كانت الحال في حادثتَي جزيرة ثري مايل وتشرنوبل في السابق. إن اهتمامي الشديد ينصب على معرفة تأثير هذه الحادثة على النهضة النووية المستقبلية، خصوصاً في الدول الآسيوية، كما حاولت أن أصف في هذا الكتاب قُدوم طريق الحرير النووي. فهل ستجلب هذه الأزمة فرصة أخرى لطاقة نووية أكثر أماناً وسلامة على المدى البعيد؟

الزلزال الكبير

السكان الذين يعيشون في المناطق المطلة على المحيط الهادي؛ تحديداً في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، وفي تشيلي واليابان، معتادون على الزلازل وموجات التسونامي الملازمة لنمط حياتهم، نتيجة للحركات التكتونية النشطة في المنطقة. وفي بعض الأحيان يُستخدَم تعبير «الزلزال الكبير» The Big One لوصف زلزال ضخم يُتوّقع أن يقع في ولاية كاليفورنيا أو اليابان كل 70 عاماً تقريباً. وفي يوم 11 مارس 2011، بعد الظُّهر، وقع ذلك الزلزال الكبير في الجزء الشمالي الشرقي من اليابان، منطقة توهوكو. وبلغت قوته 9 درجات بمقياس ريختر. كان ذلك رابع أكبر زلزال في التاريخ المدوّن، بعد زلزال تشيلي في عام 1960 (بلغت قوته 9.5 درجات)، وزلزال ألاسكا في عام 1964 (قوته 9.2 درجات)، وزلزال سومطرة في عام 2004 (قوته 9.1 درجات)، وجميعها وقعت في المناطق المطلة على المحيط الهادي. لقد كان ذلك أعنف زلزال مدمر في اليابان، عُرِف باسم «زلزال توهوكو العظيم في عام 2011»، مضافاً إليه أعلى موجات تسونامي تضرب الساحل الشمالي الشرقي لمنطقة توهوكو. وقد وصف بعض المراقبين الحادثة بأنها كارثة تشبه نهاية العالم وفق النبوءة التوراتية. لقد كانت حادثة ضخمة للغاية وساحقة من حيث حجمها ونطاقها، حتى للبنية التحتية اليابانية المجهّزة لمثل هذه الكوارث.

كانت هناك 11 محطة طاقة نووية في حالة تشغيل كامل في ذلك اليوم، فتوقفت جميعها بواسطة الإغلاق الفوري الآمن، كما ينبغي، مباشرة بعد وقوع الزلزال في منطقة توهوكو. وكانت هذه المحطات تتكون من ثلاث وحدات في أوناغاوا، وثلاث وحدات في فوكوشيما دايتشي، وأربع وحدات في فوكوشيما دايني، ووحدة واحدة في توكاي، وجميعها من نوع مفاعلات الماء المغلي. وعندما وصلت موجات تسونامي إلى الساحل بعد 54 دقيقة تقريباً من وقع الزلزال، تعرض موقع فوكوشيما دايتشي لأعلى موجة تسونامي (أوردت الأنباء أن ارتفاعها بلغ 14 متراً)، ما أدى إلى انقطاع التيار الكهربائي من المحطة بالكامل، ثم تكشفت الأزمات النووية اللاحقة. ومن المعروف أن وحدات فوكوشيما قد تم

تصميمها للصمود أمام موجة تسونامي ارتفاعها ستة أمتار، وكان ارتفاع تلك الموجة يفوق ذلك بأكثر من الضعفين.

محطة فوكوشيما دايتشي المنكوبة

جميع محطات الطاقة النووية مصمَّمة بطريقة تجعلها تصمد أمام الحوادث البشرية أو الكوارث الطبيعية، وذلك للتقليل من احتمال إصابة قلب المفاعل بأضرار (أو إمكانية انصهار قلب المفاعل). ومن متطلبات التصميم الأساسية في محطات الطاقة النووية وضع اعتبارات تصميمية مقاومة للزلازل وموجات تسونامي، على عكس أي صناعة أخرى. فإذا وقعت أي حادثة أو كارثة سيغلق المفاعل فوراً لإيقاف عملية الانشطار، ويبدأ تلقائياً عمل نظام إزالة الحرارة المتبقية (أو الحرارة الناتجة عن الانحلال الإشعاعي) من المنتجات الانشطارية. ومع ذلك، لا يمكن ضمان هذه الآلية إلا بتواصُل تدفق مياه التبريد في وعاء المفاعل لحماية قلب المفاعل من الانصهار، وكذلك للحفاظ على التبريد المستمر للوقود المستنفد المخزّن في حوض بالقرب من مبنى المفاعل.

للأسف، يبدو أن هذه القاعدة الأولى البسيطة لسلامة المفاعلات قد تعرضت لخطر شديد في الوحدات 1 و2 و3 و4 من محطة فوكوشيما دايتشي النووية المنكوبة. ولم يكن ذلك بسبب الزلزال المدمِّر (بقوة 9 درجات بمقياس ريختر)، بل بسبب موجة تسونامي التي بلغ ارتفاعها 14 متراً. لقد عطَّلت قوة الطبيعة الهائلة جميع منظومات الطوارئ بضربة واحدة ليس بمقدور أحد أن يتخيَّلها، عندما توقف التيار الكهربائي في المحطة بعد ثماني ساعات تقريباً من عمر بطارية المفاعل. وتعرّض مفهوم الدفاعات الاحتياطية لتحدٍّ عسير نتيجة لفشل جميع المنظومات في تلك الحادثة. لقد تضرر الوقود في أوعية المفاعلات وحوض الوقود المستنفد، وذلك لعدم تدفق مياه التبريد باستمرار، وعدم وجود طاقة كهربائية لضخ المياه في قلب المفاعل وحوض الوقود المستنفد. وفي ظل هذه الظروف الاستثنائية القاسية، أدى جفاف الوقود النووي المكشوف إلى إنتاج الهيدروجين (ظاهرة معروفة تسمى «أكسدة الزركونيوم»)، ثم انفجر غاز الهيدروجين

وتسربت المواد المشعة في البيئة المحيطة. وأفادت الأنباء بأن الوضع قد بلغ المستوى الخامس أو السادس على المقياس الدولي للحوادث النووية والإشعاعية، بناء على حجم تسرب الإشعاع إلى البيئة والبشر. وبعد شهر من الحادثة، رفعت السلطات اليابانية المقياس إلى المستوى السابع. وقد حددت الوكالة الدولية للطاقة الذرية حادثة تشرنوبل في عام 1986 بأنها في المستوى السابع على المقياس الدولي للحوادث النووية والإشعاعية، في حين كانت حادثة جزيرة ثري مايل في عام 1979 في المستوى الخامس. وكلتا الحادثتين وقعت نتيجة أخطاء بشرية وأعطال في المعدّات والأجهزة؛ لذلك فهما تختلفان في طبيعتهما عن حادثة فوكوشيما التي وقعت نتيجة كارثة طبيعية أبعد ما تكون عن أساسيات التصميم ومبادئه. ويُعتقد أن انقطاع خطوط الاتصال بين المحطة ومراكز الاستجابة للطوارئ قد زاد الوضع تفاقماً. لذا يكون السؤال هو: كيف يمكن الوقاية من هذه الكوارث، وحماية قلب المفاعل في الوقت نفسه؟

اتضح أن العامل الأهم الذي تسبب في سيل الأزمات اللاحقة في فوكوشيما دايتشي هو الفقدان الكامل للتيار الكهربائي المتردد في موقع المحطة، حيث دخلت فيما يُعرف باسم «تعتيم المحطة» station blackout؛ فقد عطّلت موجة التسونامي مصادر الإمداد الكهربائي المتعددة الموجودة خارج الموقع وداخله؛ مثل مولّدات الديزل التي تستخدم في حالات الطوارئ. ولو كانت مولِّدات الديزل محمية بطريقة ما من الغرق في مياه البحر لكان من الممكن تجنُّب الأزمة النووية، كما يتبيَّن ذلك في وحدات مفاعلات الماء المغلي نفسها في محطتيْ أوناغاوا وفوكوشيما دايني على ساحل توهوكو نفسه في ذلك اليوم (بل كانت محطة أوناغاوا أقرب إلى مركز الزلزال). فهاتان المحطتان تقعان على ارتفاعات أعلى ليتم حفظها من كارثة تسونامي. كان احتمال حدوث «تعتيم كامل للمحطة» أمراً مستبعداً للغاية حتى الآن، لكن مورِّدي محطات الطاقة النووية ومالكيها يأخذون هذا الاحتمال على محمل الجد، بإدراجه في تصميم المفاعلات تحسباً لحوادث خارجة عن نطاق التصميم الأساسي، كما أوصى بذلك الدليل التنظيمي الصادر عن مفوضية الرقابة النووية الأمريكية منذ عام 1988.

مفاعلات الماء المضغوط مقابل مفاعلات الماء المغلي

تهيمن مفاعلات الماء المضغوط على محطات الطاقة النووية التجارية العاملة اليوم. فمن إجمالي 442 محطة طاقة نووية عاملة في 30 دولة، 269 منها تستخدم مفاعلات الماء المضغوط (تمثل 61 في المئة من إجمالي الوحدات النووية، و66 في المئة من الإنتاج الكهربائي). وإذا وضعنا في الاعتبار المحطات النووية التي مازالت تحت التشييد حتى الآن، فإن نسبة مفاعلات الماء المضغوط ستصل إلى 70 في المئة على مستوى العالم. أما مفاعلات الماء المغلي، فإنها موجود فقط في الولايات المتحدة واليابان وقليل من الدول الأخرى. وكانت كوريا الجنوبية محظوظة للغاية باختيارها مفاعل الماء المضغوط منذ البداية لكي يصبح المفاعل المعياري؛ ابتداءً من وحدة كوري 1 والمحطة النووية الكورية المعيارية، إلى نمذج مفاعل الطاقة المتقدّم APR1400.

لذلك لابد من فهم الاختلافات الأساسية بين مفاعلات الماء المغلي ومفاعلات الماء المضغوط فيما يتعلق بالسلامة النووية. فتصميم مفاعل الماء المغلي يقوم على دورة واحدة تربط بين المفاعل الذي يولد الحرارة، والتوربين الذي يولد الكهرباء، بالسماح لماء التبريد بأن يغلي في وعاء المفاعل (ومن هنا جاء اسم «الماء المغلي»). ومن مزايا مفاعل الماء المغلي الحصول على تصميم مُحكَم ومضغوط من خلال البساطة والفعالية العالية. ومع ذلك، فإن أوجه القصور المتأصلة فيه تكمن في التلوث الإشعاعي ونظام التحكم، وخاصة في حالات الطوارئ. وعلى العكس من ذلك، يقوم تصميم مفاعل الماء المضغوط على دورتين؛ الدورة الأولية لتوليد الحرارة في وعاء المفاعل تحت ضغط عالٍ (ومن هنا جاء اسم «الماء المضغوط») تجنباً للغليان، والدورة الثانوية حيث يغلي الماء في المبادِلات الحرارية التي تُسمى «مولدات البخار» لتزويد التوربيات بالبخار. وهذه الطريقة توفر حاجزاً إشعاعياً إضافياً في جزء المفاعل الذي توجد فيه الدورة الأولية.

ويتمثل الاختلاف الآخر المهم بين المفاعلين في تصميم مبنى الاحتواء containment building، الذي يحيط بوعاء المفاعل فقط في حالة مفاعل الماء المغلي،

ويحيط بالدورة الأولية بأكملها في حالة مفاعل الماء المضغوط. لـذلك فـإن الحجـم الكـلي لتجويف مبنى الاحتواء في حالة مفاعل الماء المـضغوط يـصل إلى 10 أضـعاف حجمـه في حالة مفاعل الماء المغلي، ويُعزى ذلك إلى النسق الأساسي للمفاعل. وبناء على ذلك تـصبح عملية تخفيف الحوادث الخطيرة أكثر فعاليـة في مفـاعلات المـاء المـضغوط، مثـل انفجـار الهيدروجين الذي يخرق مبنى الاحتواء.

إن أهمية مبنى الاحتواء (قبة من الإسمنت المسلح الثقيل سمكها 1.2 متر في جميـع مفاعلات الماء المضغوط) تأتي من كونه يوفِّر الحاجز الواقي النهائي من تسرب الإشـعاع إلى البيئة. لقد بيّنت حادثة جزيـرة ثـري مايـل (وهـي محطـة مـن نـوع مفـاعلات المـاء المضغوط) في عام 1979 هذا الموضوع بوضوح تام. ففي حين تعرض قلب المفاعل نفسه لانصهار مماثل نتيجة لحادث خطير كـما في حالـة فوكوشـيما، فقـد أُبقِـي عـلى التـسرب الإشعاعي للبيئة المحيطة في مستوى لا يُذكر، حمايةً للناس. ومـن المفارقـات أن حادثـة جزيرة ثري مايل تقف دليلاً وشاهداً على سلامة المفاعل، فهي تمثل سجلاً مُثبَتـاً لحمايـة البيئة المحيطة من الإشعاع، في أسوأ حادثة تقع في محطة نووية تـستخدم مفـاعلات المـاء المضغوط، على الرغم من إغلاق المحطة نهائياً والخسائر الماليـة الفادحـة التـي تكبـدتها شركة الكهرباء. إن الدروس المستفادة من حادثة جزيرة ثري مايل الناجمـة عـن أخطـاء بشرية وأعطال في المعدات، وحادثة فوكوشيما الناجمة عن أسباب طبيعية، مع التحديثات الكثيرة التي أُدخِلت في محطات الطاقة النووية الحديثة (سواء التي تـستخدم مفـاعلات الماء المغلي أو مفاعلات الماء المضغوط)، جميعها ستجعل وقوع حادثة خطيرة في المستقبل أمراً مستبعداً أكثر من ذي قبل.

وقوع حادثة في أي مكان يعني وقوعها في كل مكان

لقد أثرت حادثة فوكوشيما في قطاع الصناعة النووية العالمي، كما لـو أنهـا وقعـت في جميع الدول التي تستخدم الطاقة النووية. وبدأت قضية السلامة النووية تـتردد أصـداؤها في جميع محطات الطاقة النووية في العالم. والفارق الوحيد هـذه المـرة هـو أن قـوة الطبيعـة

الجبّارة التي يتعذّر إدراكها وفهمها هي السبب في وقوع الحادثة، وليس الخطأ البشري. إن سجلاّت السلامة النووية الدولية الناصعة طوال ربع قرن منذ حادثة تشرنوبل أصبحت فجأة مثار تساؤلات وتمحيص شعبي. وبالنظر إلى التجارب السابقة في جزيرة ثري مايل وتشرنوبل، لاشك في أن الصناعة النووية العالمية برمّتها ستشهد سلسلة من التدابير لمتابعة الدروس المستفادة من حادثة فوكوشيما خلال السنوات المقبلة. فمعظم الدول التي تنتج الطاقة النووية قد تعهّدت فعلاً بمراجعة منظومات السلامة الخاصة بأساطيل محطاتها النووية على أساس حادثة فوكوشيما. ومن الواضح أننا في حاجة إلى إعادة النظر وضمان أن جميع محطات الطاقة النووية في جميع الدول تمتلك قدرات تبريد موثوقاً بها في مرحلة ما بعد توقّف المحطة، حتى بعد وقوع أسوأ الكوارث الطبيعية غير المتوقعة.

على المستوى التقني، لابد للصناعة النووية من أن تتغلب على التحديات الجديدة التالية التي ستواجهها: الصمود أمام مجموعة من السيناريوهات الاستثنائية الخارجة عن نطاق التصميم الأساسي لمحطات الطاقة النووية، بما في ذلك الكوارث الطبيعية والهجمات الإرهابية وكوارث ومصاعب لا يمكن تخيُّلها في بلدانها. وسوف تكون الدول المتقدمة في الصدارة بشأن إدخال تحديثات السلامة الجديدة المعزّزة، والإضافات التقنية اللازمة متى ما كان ذلك ضرورياً. ومن المتوقع أن يتم تعزيز دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في مجال السلامة النووية بحيث تتمكن من تنسيق وتحسين معايير السلامة وخدمات المراجعة الذاتية في الدول التي انضمت حديثاً إلى نادي الطاقة النووية. ولعل الوقت قد حان للنظر في تعزيز معايير السلامة لتكون ملزمة أكثر من الناحية القانونية، بدلاً من الآلية الطوعية السائدة اليوم.

في الجوانب التقنية للصناعة النووية العالمية، فإن الأفكار الأولية بشأن إجراءات المتابعة يمكن أن تشمل:

1. تعزيز الحماية ضد انقطاع التيار الكهربائي في المحطات النووية.
2. تعزيز آلية تبريد حوض الوقود المستنفد، وإدارة الوقود المستنفد.

3. إيجاد نظام فعال لإزالة الهيدروجين.

4. إيلاء اهتمام خاص لمحطات الطاقة النووية القديمة التي تتضمن مواصفات تطيل عمرها التشغيلي.

5. اعتماد ميزات السلامة السلبية كأداة لإزالة الحرارة المتبقية.

6. إجراء بحوث تطبيقية في مجال الحوادث الخطيرة، تنعكس في تصميم/ تحليل محطات الطاقة النووية والكتيبات الإرشادية لحالات الطوارئ.

7. وضع متطلبات أكثر تشدداً بشأن مواقع محطات الطاقة النووية.

8. تعزيز مرافق الاستجابة لحالات الطوارئ.

وفي الجوانب الإدارية، يمكن أن تشمل الإجراءات الإضافية ما يلي:

1. التأهب لحالات الطوارئ، وعملية صنع القرارات الحاسمة في برج المراقبة، خصوصاً لمنع سيناريوهات الحوادث الخطيرة وتخفيفها.

2. تعزيز ثقافة السلامة النووية داخل شركة المرافق الكهربائية في ظل الظروف القاسية، مع وجود سياسة وطنية للدعم الاحتياطي.

3. إعادة تقييم استقلالية البنية التحتية التنظيمية.

4. تعزيز تبادل المعلومات في حالات الطوارئ، خصوصاً بين دول الطاقة النووية التي تنتمي إلى منطقة واحدة (مثلاً، الجهات التنظيمية والتشغيلية اليابانية/ الصينية/ الكورية).

5. تعزيز دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في مجال السلامة النووية من أجل رفع مستويات السلامة النووية وقدرات المراجعة الذاتية، مع وجود تدابير ملزمة قانونياً.

معضلة نووية كبيرة

إن السياسات والإجراءات التي تخص مرحلة ما بعد حادثة فوكوشيما ستستغرق سنوات في تعزيز السلامة النووية ورفعها إلى مستوى أعلى، تحسباً للظروف الاستثنائية والظروف الطبيعية أو تلك التي من صنع الإنسان، وذلك بدمج معايير السلامة العالية هذه ضمن التصميم الأساسي للمحطات النووية. ولاشك في أن ذلك سيؤثر في تكلفة الكهرباء ذات المصدر النووي، ما يضيّق الفجوة بين الطاقة النووية كمصدر للكهرباء وغيرها من مصادر الكهرباء الأخرى. لقد كانت الثقة والدعم الشعبيان للطاقة النووية في بداية انطلاقهما مع بزوغ عصر النهضة النووية العالمية، خصوصاً في الدول الآسيوية، كما أوضحنا في هذا الكتاب. لكن استعادة القبول الشعبي في أعقاب حادثة فوكوشيما قد تشكّل تحدياً كبيراً وممتداً، كما حدث بعد حادثيْ جزيرة ثري مايل وتشرنوبل في الماضي.

من هنا تأتي المعضلة النووية الكبيرة. فلابد من معالجة صحيحة لعامل الخطر الساحق الذي يواجه عامة الناس لكي تصبح الطاقة النووية قابلة للتطبيق والاستخدام مرة أخرى. إن التخطيط الجيد والهندسة المتطورة وحدهما لا يكفيان لتحقيق المستوى الأفضل من السلامة النووية. فنحن في حاجة إلى مجتمع قادر على ممارسة المساءلة والشفافية؛ مجتمع قادر على بناء مؤسسات جديرة بالثقة وتتمتع بها. وفي الوقت الحاضر، لا يوجد أي مصدر بديل للكهرباء يمكن أن يحل محل الطاقة النووية بطريقة عملية، نظراً للتوجه نحو الاقتصاد الأخضر المنخفض الكربون والابتعاد عن خيارات الوقود الأحفوري. فمعظم مصادر الطاقة المتجددة قد تكون قاصرة عن أن تحل محل الطاقة النووية، من حيث الحجم والجدوى الاقتصادية. لهذا السبب لا يستطيع المجتمع الحديث أن يدير ظهره للطاقة النووية ويصرف النظر عنها. لقد استضاف موقع مجلة **الإيكونومست** على الإنترنت نقاشاً عالمياً في الوقت المناسب بطرح السؤال: «هل العالم سيكون أفضل حالاً من دون الطاقة النووية؟»، وذلك بعد مرور شهر على حادثة فوكوشيما. وظلت المجلة تجري نقاشات في الوقت المناسب حول القضايا العالمية الكبرى

عبر منبرها الإلكتروني. وبعد المشاركة الفاعلة من قادة الرأي العام العالمي في مناقشة الحجج المؤيدة والمناهضة للطاقة النووية، كانت نتيجة التصويت النهائية، كالآتي: أجاب 39٪ بنعم، و61٪ بلا للطاقة النووية.[1] لقد كان ذلك تصويتاً عالمياً لا لبس فيه بسحب الثقة من الطاقة النووية؛ إذ إنه جاء من أحد منابر الرأي العام الدولي الإعلامية الأكثر احتراماً، وعلى خلفية الدروس المستفادة من المأساة التي حدثت مؤخراً في اليابان. إن الحاجة إلى الطاقة النووية لم تتغير منذ حادثة فوكوشيما: الحاجة إلى إمدادات مستمرة وموثوقة من الكهرباء وبأسعار معقولة، وأهمية أمن الطاقة بحيث لا يكون الوقود اللازم لتوليد الكهرباء خاضعاً لتقلبات الأوضاع الجيوسياسية، والحاجة إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن عمليات توليد الطاقة.

وفيما يتعلق بكوريا الجنوبية، من المهم تدارُس خيارات الطاقة النووية في الداخل والخارج، بعد أن أصبحت البلاد من الدول المصدِّرة للطاقة النووية، مع تدشين مشروع التصدير إلى الشرق الأوسط مؤخراً. إن الاعتماد الذاتي التقني الذي حققته كوريا الجنوبية في مجال مفاعلات الماء المضغوط على وشك أن يثمر اقتصاداً محلياً وتصديرياً ذا قيمة مضافة عالية. ولاشك في أن الدروس المستفادة من حادثة فوكوشيما ستعزز سلامة الطاقة النووية في جميع الدول، ولكنها ستؤدي إلى ارتفاع تكلفة الكهرباء النووية. ومن منظور طويل الأجل، ربما يكون من المفيد، لكسب الوقت، التأنّي في تنفيذ البرامج النووية المفرطة الطموح في بعض الدول الآسيوية، والتي تمثل العمود الفقري للنهضة النووية. فالدروس المستفادة من حادثة فوكوشيما يمكن أن تحفز إمكانات هذه الدول وقدراتها على تعزيز بناها التحتية الخاصة بالسلامة النووية، وربما تزيد من ترسيخ ثقافة السلامة النووية فيها. وربما يكون ذلك نعمة حقيقية مستترة، بعد أن نتجاوز مأساة فوكوشيما.

الملاحق

الملحق (1)

التسلسل الزمني لتكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا

1956 /2 /3	التوقيع على اتفاقية التعاون في مجال الاستخدام السلمي للطاقة النووية بين كوريا الجنوبية والولايات المتحدة.
1956	المهندس ورجل الأعمال الأمريكي ووكر سيسلر يُقدم للرئيس ري سينغمان إحاطة تنويرية حول الطاقة النووية لكوريا، مشدداً على تطوير القوى العاملة. وإرسال أول مجموعة من العلماء الكوريين إلى الولايات المتحدة والمملكة المتحدة للتدريب في المجال النووي، بمِنَح من الحكومة.
1956 /3 /9	تأسيس دائرة الطاقة الذرية في وزارة التعليم.
1957 /8 /8	انضمام كوريا الجنوبية إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية كعضو مؤسِّس.
1958 /3 /1	جامعة هانيانغ تفتح أول قسم للهندسة النووية في كوريا.
1958 /3 /11	الجمعية الوطنية (البرلمان) في كوريا الجنوبية تجيز أول قانون للطاقة الذرية.
1959 /1 /21	إنشاء مكتب الطاقة الذرية ليحل محل دائرة الطاقة الذرية.
1959 /3 /1	إنشاء معهد بحوث الطاقة الذرية كهيئة حكومية تابعة لوزارة التعليم؛ وقسم الهندسة الذرية يفتتح أول فصل دراسي في جامعة سيول الوطنية.
1962 /3 /28	افتتاح أول مفاعل بحوث، تريغا مارك-2 (مفاعل البحوث الكوري-1، 100 كيلوواط)، في معهد بحوث الطاقة الذرية.
1968 /4 /9	اختيار شركة كيبكو لتتولى بناء وتشغيل محطات الطاقة النووية.
1969 /10 /2	حكومة كوريا الجنوبية توافق رسمياً على خطة بناء أول محطة للطاقة النووية، كوري 1.
1972 /7 /2	افتتاح مفاعل البحوث الثاني، تريغا مارك-3 (مفاعل البحوث الكوري-2، 2 ميغاواط)، في معهد بحوث الطاقة الذرية.
1973 /4 /6	تأسيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، كهيئة خاصة غير حكومية، بقانون صادر عن الجمعية الوطنية، ليحل محل معهد بحوث الطاقة الذرية.
1974	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يبدأ استقطاب العلماء الكوريين ذوي الخلفيات في مجال الطاقة النووية، من الولايات المتحدة الأمريكية.
1975 /3 /20	الجمعية الوطنية تصادق على معاهدة منع الانتشار النووي.

1975/10/1	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يؤسس شركة الهندسة المعمارية، شركة بيرنز آند رو أتوميك الكورية، بالاشتراك مع شركة بيرنز آند رو الأمريكية.
1975/10/31	كوريا الجنوبية والوكالة الدولية للطاقة الذرية توقعان على اتفاقية الضمانات الشاملة INFCIRC/140.
1975/11/14	معاهدة منع الانتشار النووي تدخل حيز التنفيذ الكامل في كوريا الجنوبية.
1976/1/23	إلغاء المشروع التجريبي الذي أقامه معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري لإعادة معالجة الوقود، رسمياً.
1976/10/12	انسحاب بيرنز آند رو من شركة بيرنز آند رو أتوميك الكورية، وإعادة هيكلتها لتصبح الشركة الكورية للهندسة النووية، المملوكة بالكامل لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.
1976/11/18	حكومة كوريا الجنوبية تختار الشركة الكورية للهندسة النووية لتكون الجهة الوحيدة المسؤولة عن توطين الهندسة المعمارية للمنشآت النووية (بتوقيع الرئيس بارك تشونغ-هي).
1976/12/1	انبثاق المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.
1977/7/14	انعقاد الاجتماع الأول للجنة الدائمة الكورية الجنوبية/ الأمريكية المشتركة لتكنولوجيات الطاقة النووية وأنواع الطاقة الأخرى في سيول.
1978/7/20	دخول محطة الطاقة النووية الأولى، كوري 1، حيز التشغيل التجاري.
1979/4/11	وقوع حادثة جزيرة ثري مايل في الولايات المتحدة.
1980/4/9	الرئيس الجديد لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، تشا جونغ-هي، يتولى مهامه بعد وفاة الرئيس هيون كيونغ-هو.
1980/9/2	تعيين البروفيسور لي تشيونغ-أو، من المعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا، وزيراً للعلوم والتكنولوجيا.
1980/11/19	وزارة العلوم والتكنولوجيا تضع خطة جديدة لإعادة هيكلة معاهد البحوث الوطنية، بما فيها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.
1980/12/19	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يندمج في المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي، وحلت كلمة «المتقدمة» محل كلمة «الذرية» في اسمه.
1982/2	افتتاح مركز السلامة النووية التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، وتعيين كيم دونغ-هون أول مدير له.
1982/3/16	تعيين هان بيل-سون، من وكالة تطوير الدفاع، نائباً لرئيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ومسؤولاً عن المركز الهندسي التابع للمعهد في دايدوك.

1982/7/6	إعادة هيكلة الشركة الكورية للهندسة النووية لتصبح الشركة الكورية لهندسة الطاقة تحت سيطرة شركة كيبكو؛ وأصبح تشونغ كون-مو أول رئيس لها.
1982/11/11	افتتاح شركة الوقود النووي الكورية كفرع لشركة كيبكو (وتم تعيين كيم سن-تشانغ أول رئيس لها).
1983/3	تعيين رئيس الشركة الكورية للصناعات الثقيلة، بارك جونغ-كي، رئيساً لشركة كيبكو.
1983/4/8	النماذج الأولى لوقود مفاعل «كاندو» التي صنّعها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يتم تحميلها في مفاعل البحوث الوطني الكندي في تشوك ريفر بكندا.
1983/4/12	الرئيس تشون دو-هوان يزور معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، ويقوم بجولة في معمل تصنيع وقود «كاندو».
1983/5/31	انتخاب رئيس شركة كيبكو، بارك جونغ-كي، رئيساً لمجلس إدارة معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.
1983/7/6	تعيين هان بيل-سون رئيساً لشركة الوقود النووي الكورية (ثاني رئيس لها).
1984/4/9	تعيين هان بيل-سون رئيساً لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري (رابع رئيس له).
1984/8/30	كبار مسؤولي معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يقررون أن يقتصر برنامج المعهد لتوطين محطات الطاقة النووية الجديدة على وعاء المفاعل فقط.
1984/9/8	حزم وقود كاندو الأربع والعشرون الأولى التي صنّعها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يتم تحميلها في محطة ولسونغ للطاقة النووية.
1984/9/18	وزير الطاقة والموارد، تشوي دونغ-كي، ورؤساء مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية يحددون مسؤولية كل مؤسسة في جهود الاعتماد الذاتي التقني (يتولى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري تصميم وعاء المفاعل وقلب المفاعل، في حين تتولى الشركة الكورية لهندسة الطاقة بقية تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار وأعمال الهندسة المعمارية عموماً).
1984/10	اكتمال الدراسة التي أجراها كل من وزارة الطاقة والموارد/ وزارة العلوم والتكنولوجيا، وشركة كيبكو، والشركة الكورية لهندسة الطاقة، والشركة الكورية للصناعات الثقيلة، ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ لتوحيد مواصفات محطات الطاقة النووية من أجل تحقيق الاعتماد الذاتي التقني. وقد استغرقت تلك الدراسة ثلاث سنوات.
1985/2	حكومة كوريا الجنوبية تعلن عن خطة لبناء وحدات يونغوانغ 3 و 4 للطاقة النووية وفقاً للمعايير الموحدة، في إطار برنامج الاعتماد الذاتي التقني.

1985/6/25	اجتماع رؤساء مجلس التعاون لمجموعة الطاقة الكهربائية يعود إلى القانون الصادر في سبتمبر 1984 بشأن توزيع المسؤوليات، ويوكل مسؤولية تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار هذه المرة لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.
1985/7/1	إنشاء قسم نظم مفاعلات الطاقة في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بفريق ابتدائي مكوّن من 33 عضواً (وتعيين كيم بيونغ-كو أول مدير للقسم).
1985/7/29	لجنة الطاقة الذرية رقم 214 تصادق رسمياً على خطة بناء مشروع يونغوانغ 3 و 4، وتُحدّد معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بصفته الجهة المسؤولة عن تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار والتصميم الأساسي الأوّلي لمشاريع محطات الطاقة النووية في المستقبل.
1985/8/26	التوقيع على عقد تكنولوجيا الوقود النووي لمفاعلات الماء الخفيف بين معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كرافتويرك يونيون الألمانية.
1985/11/4	إرسال الدعوة إلى عطاء مشروع يونغوانغ 3 و 4، متضمناً نقل التكنولوجيا إلى 23 شركة في سبع دول لتقديم مناقصات تنافسية دولية.
1986/4/1	بدء تقييم المناقصات المقدمة من الشركات (سُلِّمت أربع مناقصات فقط للنظام النووي للتزويد بالبخار) بشأن تصميم النظام، وشروط نقل التكنولوجيا، وبرنامج التصميم المشترك.
1986/4/26	وقوع حادثة تشرنوبل النووية في أوكرانيا.
1986/7/10	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يسلِّم شركة كيبكو نتائج تقييم النظام النووي للتزويد بالبخار، والتصميم الأساسي الأوّلي.
1986/9/30	شركة كيبكو تعلن عن الفائزين في عطاء مشروع يونغوانغ 3 و 4 (فازت شركة كومبسشن إنجنيرينغ بعطاء النظام النووي للتزويد بالبخار، وشركة سارجنت آند لندي بعطاء الهندسة المعمارية، وشركة جنرال إلكتريك بعطاء التوربينات والمولدات).
1986/10/13	التوقيع على مذكرة تفاهم مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ لتدريب مصمّمي النظم التابعين لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.
1986/12/14	إرسال أول فريق لتصميم النظم من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى مدينة وينزُر بالولايات المتحدة للتدريب والتصميم المشترك، وكان الفريق مكوناً من 48 عضواً.
1987/4/9	التوقيع على عقود توريد ونقل التكنولوجيا لمشروع يونغوانغ 3 و 4 بين جميع المؤسسات الكورية والأمريكية.
1987/5/1	إصدار التصريح من شركة كيبكو للمضي قدماً في مشروع يونغوانغ 3 و4.
1987/5/16	حكومة كوريا الجنوبية توافق على عقود نقل التكنولوجيا الخاصة بمشروع يونغوانغ 3 و4.

1987/6/19	حكومة كوريا الجنوبية توافق على عقود التوريد الخاصة بمشروع يونغوانغ 3 و 4.
1987/7/1	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يسلِّم أول إنتاج ضخم من وقود مفاعل كاندو النووي إلى موقع محطات ولسونغ للطاقة النووية التابع لشركة كيبكو.
25- 1987/8/30	انعقاد الاجتماع الأول لمراجعة مشروع يونغوانغ 3 و 4 بشركة كيبكو في سيول.
1988/5/1	الاتفاق بين شركة كومبسشن إنجنيرينغ ومعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري على خطة نقل مركز التصميم.
1988/5/30	انعقاد الاجتماع الثاني لمراجعة مشروع يونغوانغ 3 و 4 في مقر شركة كومبسشن إنجنيرينغ بمدينة وينزُر.
1988/5/31	تسليم تقرير التحليل الأوَّلي للسلامة الخاص بمشروع يونغوانغ 3 و 4 إلى وزارة العلوم والتكنولوجيا بصفتها الجهة التنظيمية/ الرقابية.
1988/10	الجمعية الوطنية تبدأ التحقيق في المخالفات المحتملة التي صاحبت مشروع يونغوانغ 3 و4.
1989/4/18	انتقال مركز تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار من وينزر إلى دايدوك.
1989/12/21	وزارة العلوم والتكنولوجيا تصدر التصريح ببناء مشروع يونغوانغ 3 و 4.
1989/12/23	صب الخرسانة الأولى لبناء مفاعل الوحدة 3 بمشروع يونغوانغ 3 و 4.
1989/12/30	إعادة كلمة «الذرية» إلى اسم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري، بدلاً من «المتقدمة».
1990/2/15	مركز السلامة النووية يصبح مستقلاً عن معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري؛ وافتتاح المؤسسة الكورية للسلامة النووية.
1990/9/6	معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري يصدر أول تقرير حول تقييم مسيرة الاعتماد الذاتي التقني في مجال التكنولوجيا.
1991/7/2	التوقيع على عقود توريد لوحدات أُلتشين للطاقة النووية المصمَّمة وفقاً لمعايير محطات الطاقة الكورية الموحَّدة.
1991/12	صدور الإعلان المشترك بين كوريا الجنوبية وكوريا الشمالية لنزع السلاح النووي من شبه الجزيرة الكورية.
1992/12/28	تسليم تقرير التحليل النهائي للسلامة إلى الجهة الرقابية/ التنظيمية (وزارة العلوم والتكنولوجيا/ المؤسسة الكورية للسلامة النووية).
1993/11/10	بدء اختبار الماء البارد بالوحدة رقم 3 في مشروع يونغوانغ 3 و 4.
1994/9/9	وزارة العلوم والتكنولوجيا تصدر ترخيص التشغيل لمشروع يونغوانغ 3 و 4؛ وبدء التحميل الأوَّلي للوقود.

1995/3/30	اكتمال اختبار ضمان الأداء للوحدة رقم 3 في مشروع يونغوانغ 3 و 4.
1995/3/31	الوحدة رقم 3 في مشروع يونغوانغ 3 و 4 تبدأ التشغيل التجاري.
1995/12/7	انعقاد ندوة لتقييم الاعتماد الذاتي التقني بشركة كيبكو، وبلوغ الهدف المحدَّد بتحقيق 95 في المئة من الاعتماد الذاتي التقني (تكنولوجيا مستنسخة).
1996/1/1	الوحدة رقم 4 في مشروع يونغوانغ 3 و 4 تبدأ التشغيل التجاري.
1997/1/1	تحويل المشاريع التجارية ذات الصلة بمحطات الطاقة النووية، والقوة العاملة، التابعة لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى القطاع الخاص: تحويل تصميم نظم المفاعلات إلى الشركة الكورية لهندسة الطاقة، والتصميم الأساسي الأوَّلي وتصنيع وقود كاندو إلى شركة الوقود النووي الكورية، والنفايات المشعّة إلى شركة كيبكو.
1997/12	المؤتمر الدولي لهندسة الطاقة يمنح الوحدة رقم 3 في مشروع يونغوانغ 3 و 4 الجائزة السنوية لأفضل مشروع نووي (تسلَّم الجائزة بارك يونغ-تايك، مدير المشروع).
1998/8	الوحدة رقم 3 في محطات أُلتشين للطاقة النووية تبدأ التشغيل التجاري.
1999/12	الوحدة رقم 4 في محطات أُلتشين للطاقة النووية تبدأ التشغيل التجاري.
2002/5/7	الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية تحصل على الموافقة على التصميم المعياري لنموذج مفاعل الطاقة المتقدّم APR1400 من وزارة العلوم والتكنولوجيا/ المؤسسة الكورية للسلامة النووية؛ الجهة الكورية التنظيمية/ الرقابية.
2007/11/28	البدء في بناء أول وحدات من مفاعلات الطاقة المتقدّمة APR1400 في موقع شين-كوري3 و 4.
2009/12/27	التوقيع على أول عقد لتصدير محطات الطاقة النووية بين مؤسسة الإمارات للطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة وكونسورتيوم كيبكو، لبناء 4 محطات من طراز APR1400.
2010/3/30	التوقيع على أول عقد لتصدير مفاعل بحوث بين هيئة الطاقة الذرية الأردنية وكونسورتيوم معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري/ شركة دايو؛ لبناء المفاعل النووي الأردني للبحوث والتدريب، بقدرة 5 ميغاواط.
2010/12/27	الحكومة الكورية تعلن عن «اليوم الوطني للسلامة النووية وتعزيز الطاقة النووية» («يوم الطاقة الذرية» اختصاراً)، ليحل محل «يوم السلامة النووية» في الذكرى السنوية الأولى لتوقيع العقد مع دولة الإمارات العربية المتحدة.
2011/3/11	وقوع حادث نووي من المستوى 7 على المقياس الدولي للحوادث النووية والإشعاعية في محطة فوكوشيما دايتشي للطاقة النووية في اليابان، في أعقاب زلزال توهوكو وموجة تسونامي التي تلته.

الملحق (2)
الكيانات النووية الكورية

ظهر العديد من المؤسسات الصناعية، العامة والخاصة، المعنية بالمجال النووي، وتطورت مع توسع البرنامج النووي الوطني خلال نصف القرن الماضي. وعلى هذا النحو تغيّرت تبعيتها التنظيمية وأسماؤها من جراء عمليات الدمج وإعادة الهيكلة في السنوات الأخيرة. ويوجد في كوريا أكثر من 260 مؤسسة نووية مسجلة في دليل الموظفين الصادر عن المنتدى الصناعي الذري الكوري في عام 2010 (لمزيد من المعلومات راجع الموقع www.kaif.or.kr). وتتضمن القائمة أدناه المؤسسات النووية الرئيسية الموجودة اليوم ومجال نشاطها، وتقدم نظرة عامة حول أعمالها النووية، ولمحة تاريخية عنها، ومواقع الإنترنت التي تحتوي على معلومات باللغة الإنجليزية، في القطاعات التالية:

القطاع الحكومي

مفوضية الطاقة الذرية AEC

أعلى جهاز لوضع السياسات الخاصة بالمسائل النووية في البلاد. ويرأسه رئيس الوزراء، ويضم 10 مفوضين، جميعهم أعضاء غير دائمين.

وزارة التربية والعلوم والتكنولوجيا MEST

اندمجت وزارة التربية ووزارة العلوم والتكنولوجيا منذ عام 2008 لتصبحا وزارة التربية والعلوم والتكنولوجيا، وهي الوزارة المسؤولة عن السياسات النووية والتعاون الدولي والسلامة النووية والتنظيمية والأبحاث النووية.

- موقعها على الإنترنت: www.mest.go.kr

وزارة الشؤون الخارجية والتجارة MOFAT

تشكّلت من اندماج وزارة الشؤون التجارية والقسم التجاري من وزارة التجارة والصناعة منذ عام 2008. وهي الجهة المسؤولة عن الدبلوماسية النووية الدولية عموماً، ومسائل منع الانتشار النووي ونزع السلاح خصوصاً.

- موقعها على الإنترنت: www.mofat.go.kr

وزارة اقتصاد المعرفة MKE

تشكّلت من اندماج وزارة الطاقة والموارد والقسم الصناعي من وزارة التجارة والصناعة منذ عام 2008. وهي المسؤولة عن تخطيط الطاقة والصناعات النووية والمرافق النووية التي تضطلع بإدارة النفايات المشعّة.

- موقعها على الإنترنت: www.mke.go.kr

مفوضية السلامة النووية NSC

أعلى هيئة لصنع القرار في مسائل السلامة النووية، بما في ذلك الترخيص التنظيمي. ويرأسها وزير التربية والعلوم والتكنولوجيا، وتضم سبعة أعضاء غير دائمين.

القطاع العام/قطاع البحوث

دايدوك إنابوليس DDI

بدأ في منتصف سبعينيات القرن الماضي باسم مدينة دايدوك للعلوم، في الضاحية الشمالية لمدينة دايجون (160 كلم جنوب سيول)، باعتبارها مركزاً لبحوث العلوم والتكنولوجيا في البلاد. وتضم اليوم أكثر من 50 مركزاً للبحوث، و200 من شركات التقانة الفائقة التطور، وكلها تشرف عليها دايدوك إنابوليس التابعة لوزارة اقتصاد المعرفة. ويوجد فيها 12 من مراكز البحوث والجامعات العامة ذات الصلة بالمجال النووي،

بالإضافة إلى أكثر من 20 من الشركات العاملة في مجال الخدمات النووية في «الوادي النووي».

- موقعها على الإنترنت: www.ddi.or.kr

معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري KAERI

أنشئ في عام 1959 وهو أقدم مركز وطني للبحوث النووية. وقد تغيّر اسمه ثلاث مرات؛ حيث تغيّر الاسم الأصلي – معهد بحوث الطاقة الذرية – إلى معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1973، ثم اندمج مع المعهد الكوري لتطوير الوقود النووي وتغيّرت كلمة «الذرية» إلى «المتقدمة» في عام 1980، ثم أعيدت كلمة «الذرية» إلى الاسم في عام 1989. ونُقِل المجمّع الرئيسي لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري من سيول إلى دايدوك في أوائل ثمانينيات القرن العشرين. وكان المعهد بمنزلة الشركة الأم للعديد من الشركات الوليدة، بما في ذلك الشركة الكورية لهندسة الطاقة، وشركة الوقود النووي الكورية، والمؤسسة الكورية للسلامة النووية، والمؤسسة الكورية لإدارة النفايات المشعّة، والمعهد الكوري للعلوم الإشعاعية والطبية، والمؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة. وهو المسؤول عن الأبحاث النووية في مجال العلوم الأساسية، والسلامة النووية، والمفاعلات النووية المتقدّمة، وتكنولوجيا دورة الوقود. ومنخرط في مشاريع تصدير مفاعلات البحوث القائمة على التكنولوجيا المطوّرة محلياً: تكنولوجيا المفاعل المتقدّم لتطبيقات النيوترون العالي التدفق.

- الموقع على الإنترنت: www.kaeri.re.kr

معهد بحوث الطاقة الكهربائية الكوري KEPRI

يعود تاريخ معهد بحوث الطاقة الكهربائية الكوري إلى إنشاء مركز مختبرات التجارب الكهربائية في عام 1961، والذي غُيّر اسمه إلى المعهد الكوري لبحوث الطاقة

الكهربائية في عام 1980، ثم نُقِل إلى دايدوك إنـابوليس في عـام 1993. وتتمثـل مهمتـه في تنفيذ مشاريع بحثية مختلفة دعماً لشركة كيبكو، بما في ذلك مختبر الطاقة النووية.

- موقعه على الإنترنت: www.kepri.re.kr

المؤسسة الكورية لمنع الانتشار النووي والرقابة KINAC

إن المؤسسة الكوريـة لمنـع الانتـشار النـووي والرقابـة نتـاج طبيعـي لـبروز المركـز التكنولوجي للرقابة النووية في معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري منذ عام 1994، عندما أصبح البروتوكول الإضافي مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية نافذاً في عام 2004. وتتمثـل مهام المؤسسة في تشكيل نظام الرقابة لعمليات التفتيش الخاصـة بالـضمانات الوطنيـة، إلى جانب أنشطة حماية المواد النووية والرقابة عـلى الـصادرات، بهـدف معالجـة مـسائل منـع الانتشار النووي في المجالات التقنية.

- موقعها على الإنترنت: www.kinac.re.kr

المؤسسة الكورية للسلامة النووية (KINS)

أصبحت المؤسسة الكورية للسلامة النووية مستقلة عن معهد بحوث الطاقة الذريـة الكوري في عام 1990. وقد انبثقت المؤسسة عـن مركـز الـسلامة النوويـة عنـدما كانـت محطات يونغوانغ 3 و 4 تحت التشييد، حيث شارك معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في مشاريع تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار والتصميم الأساسي الأوّلي. وتتمثل المهـام الرئيسية للمؤسسة الكورية للسلامة النووية في مراجعـة المـشاريع الجديـدة وترخيـصها، علاوة على إجراء عمليات تفتيش دورية للوحدات العاملة للتأكد مـن سـلامتها النوويـة. وهي الجهة الأكثر نشاطاً في مجـال التعـاون الـدولي مـع هيئـات الرقابـة النوويـة الوطنيـة الأخرى، بما في ذلك مدرسة سلامة المفاعلات في مجمّع دايدوك.

- موقعها على الإنترنت: www.kins.re.kr

المعهد الكوري للعلوم الإشعاعية والطبية KIRAMS

كان المعهد الكوري للعلوم الإشعاعية والطبية ثمرة طبيعية لمستشفى مركز السرطان في سيول، نتجت عن البحوث الطبية التي أجراها معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في مجال تطبيقات العلوم الإشعاعية في عام 2007، وهو أحد مستشفيات بحوث السرطان الرائدة في كوريا، ويحصل على النظائر الطبية من المفاعل المتقدّم لتطبيقات النيوترون العالي التدفق. وكان أول مستشفى يُدخل نظام التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني لتشخيص السرطان بجهاز السيكلوترون الطبي المصنع محلياً.

- موقعه على الإنترنت: www.kirams.re.kr

الشركة الكورية لإدارة النفايات المشعّة KRMC

نشأت الشركة الكورية لإدارة النفايات المشعة من مركز تكنولوجيا البيئة النووية التابع لمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1997، عندما نُقل مشروع النفايات المشعة إلى شركة كيبكو. ومع صدور قانون إدارة النفايات المشعة في عام 2008، أصبحت الشركة الكورية لإدارة النفايات المشعة مستقلة عن شركة كيبكو/ الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية لتتولى إدارة بناء مستودع للنفايات المنخفضة/ المتوسطة الإشعاع في غيونغجو بالقرب من موقع محطات ولسونغ للطاقة النووية. وتتلخص مهام الشركة الكورية لإدارة النفايات المشعة في إدارة نقل جميع النفايات المشعة المتولدة من محطات الطاقة النووية والمصادر الأخرى، وتخزينها، ومعالجتها، والتخلص النهائي منها.

- موقعها على الإنترنت: www.krmc.or.kr

المعهد الوطني لبحوث الانصهار النووي NFRI

يُعد المعهد الوطني لبحوث الانصهار النووي رائداً في مجال بحوث الانصهار النووي في البلاد بعد تشغيل مفاعل بحوث توكاماك المتقدم الفائق التوصيل K-STAR منذ عام 2008 في مجمع دايدوك إنابوليس. ويشارك المعهد أيضاً في مشروع المفاعل

الحراري النووي التجريبي الدولي الذي يجري بناؤه في كاداراش بفرنسا، مع الصين والاتحاد الأوربي والهند واليابان وروسيا والولايات المتحدة.

- موقعه على الإنترنت: www.nfri.re.kr

المؤسسة الوطنية الكورية للبحوث NRF

أعيدت هيكلة المؤسسة الوطنية الكورية للبحوث لتندمج فيها المؤسسة الكورية للعلوم، والمؤسسة الأكاديمية الكورية للعلوم الإنسانية في عام 2008، فتوسَّع مكتبها الرئيسي في دايدوك إنابوليس. وتتمثل مهمتها في تقديم المنح البحثية للطلاب والباحثين في مجال العلوم/ الهندسة والعلوم الإنسانية/ الاجتماعية. ويقوم مركز البحوث والتطوير النووي في المؤسسة الوطنية الكورية للبحوث بتمويل المشاريع البحثية في المجالات النووية، لمختبرات البحوث الوطنية والجامعات.

- موقعها على الإنترنت: www.nrf.re.kr

مختبر معجِّل الإشعاع في بوهانغ PAL

هو مختبر لتعجيل إشعاع السِّنكروترون. وقد أنشئ في جامعة بوهانغ للعلوم والتكنولوجيا في عام 1994 بتمويل كامل من شركة بوسكو للحديد والصلب. وتتلخص مهامه في إجراء البحوث التجريبة النووية الأساسية باستخدام خطوط الأشعة.

- الموقع: http://pal.postech.ac.kr

قطاع الصناعات/المرافق النووية

شركة الطاقة الذرية الكندية-كوريا

بدأت شركة الطاقة الذرية الكندية تشغيل مكتبها الكوري في سيول منذ عام 1976؛ دعماً لمحطات كاندو الأربع في موقع ولسونغ.

- موقعها على الإنترنت: www.aecl.ca

شركة أريفا-كوريا المحدودة

بدأت شركة أريفا الفرنسية تشغيل مكتبها الكوري في سيول منذ عام 2003؛ دعماً لوحدات أُلتشين 1 و 2، التي وفّرتها شركة فراماتوم، وما يرتبط بها من أعمال خدمات الوقود في كوريا.

- الموقع على الإنترنت: www.areva.com

شركة دايو للهندسة والبناء المحدودة

كانت شركة دايو للبناء واحدة من شركات البناء الرائدة التي شاركت في مشاريع محطات الطاقة النووية المحلية، بما فيها وحدات شين-ولسونغ 1 و 2، ومشروع المؤسسة الكورية لإدارة النفايات المشعّة لبناء مستودع للنفايات المشعة في موقع ولسونغ. وكوّنت شركة دايو كونسورتيوم في عام 2010 مع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بهدف بناء مفاعل للبحوث في الأردن.

- الموقع على الإنترنت: www.dwconst.co.kr

شركة دوسان للصناعات الثقيلة والبناء المحدودة DHI

نشأت شركة دوسان للصناعات الثقيلة منذ أيام شركة هيونداي العالمية في سبعينيات القرن العشرين، لتشرع في بناء مصانع الصناعات الثقيلة، وأصبحت لاحقاً تُعرف باسم الشركة الكورية للصناعات الثقيلة والبناء، تحت ملكية الحكومة. وخلال فترة مشاريع المحطات النووية الكورية المعيارية، تم إعداد تكنولوجيات تصميم المكوّنات وتصنيعها لمحطة مفاعلات الماء المضغوط، وكذلك لمصنع التوربينات/المولّدات. وجاءت خصخصة شركة دوسان في عام 2000 في الوقت المناسب لعصر النهضة النووية العالمية.

- موقعها على الإنترنت: www.doosanheavy.com

شركة هيونداي للهندسة والإنشاء المحدودة

شركة هيونداي للهندسة والإنشاء هي العضو المؤسس لمجموعة هيونداي التي بدأها المؤسس الأسطوري تشونغ جو-يونغ منذ خمسينيات القرن العشرين لأعمال بناء السفن والسيارات، فأوجد بذلك واحداً من التكتلات الأكثر دينامية في كوريا. وكانت هيونداي للهندسة والإنشاء هي الشركة المسؤولة عن بناء الهياكل المدنية في مشروع محطات كوري 1 النووية، وظلت تحتل الموقع القيادي في جميع مشاريع البناء النووية اللاحقة في كوريا، وفي أول مشروع في الخارج في دولة الإمارات العربية المتحدة.

- الموقع على الإنترنت: www.hdec.co.kr

شركة هيونداي للصناعات الثقيلة المحدودة HHI

بدأت شركة هيونداي للصناعات الثقيلة كشركة صغيرة لبناء السفن في أُولسان منبثقةً عن شركتها الأم، هيونداي للهندسة والإنشاء، في عام 1972؛ لتصبح اليوم أكبر شركة لبناء السفن في العالم. وجاء ارتباط شركة هيونداي للصناعات الثقيلة بالأنشطة النووية من خلال تكنولوجيا اللحام المخصص للمنشآت النووية في أثناء بناء محطة كوري 1 النووية، ثم انتقلت لاحقاً إلى تصنيع المكوّنات الثقيلة، مثل مولّدات البخار.

- موقعها على الإنترنت: www.hhi.co.kr

شركة الطاقة الكهربائية الكورية «كيبكو» KEPCO

نشأت شركة كيبكو من شركة كهرباء كوريا منذ عام 1961، وكانت الشركة الحكومية الوحيدة المسؤولة عن توليد الكهرباء وتوزيعها وبيعها في كوريا. وفي عام 2000، أُعيدت هيكلتها بتقسيمها إلى ست شركات مناطقية لتوليد الطاقة الأحفورية، ماعدا الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية التي تُعنى بتوليد الطاقة المائية والنووية. ومازال شركة كيبكو هي الشركة القابضة للشركات المناطقية المذكورة والشركة الكورية للطاقة المائية والنووية. وتحتفظ بالدور القيادي في الكونسورتيوم الكوري العامل في سوق

الصادرات النووية. وكانت كيبكو المقاول الرئيسي لمشروع كيدو لمفاعلات الماء الخفيف، وهي الآن المقاول الرئيسي لمؤسسة الإمارات للطاقة النووية بدولة الإمارات العربية المتحدة، لبناء محطة براكة للطاقة النووية. كما كانت شركة كيبكو بمنزلة الشركة الأم لعدة شركات في القطاع النووي؛ بما فيها الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية، والشركة الكورية لهندسة الطاقة، وشركة الوقود النووي الكورية، والشركة الكورية لخدمات وهندسة محطات الطاقة.

- موقعها على الإنترنت: www.kepco.co.kr

شركة كيبكو للهندسة والبناء KEPCO-E&C

كيبكو للهندسة والبناء هو الاسم الجديد الذي أُطلق على الشركة الكورية لهندسة الطاقة في عام 2010 لتعزيز جهود التصدير النووي بقيادة شركة كيبكو. نشأت الشركة الكورية لهندسة الطاقة من شركة بيرنز آند رو أتوميك الكورية والشركة الكورية للهندسة النووية في عام 1975، ومن معهد بحوث الطاقة الذرية الكورية، ثم استحوذت عليها شركة كيبكو تدريجياً. كما تم نقل مشاريع تصميم النظام النووي للتزويد بالبخار من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري إلى الشركة الكورية لهندسة الطاقة في عام 1997؛ لتصبح شركة التصميم والهندسة مسؤولة عن جميع مشاريع محطات الطاقة النووية في الداخل والخارج. ويقع مكتبها الرئيسي في يونغين، في حين يقع قسم تصميم نظم مفاعلات الطاقة في دايدوك إنابوليس داخل مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.

- موقعها على الإنترنت: www.kepco-enc.com

شركة كيبكو للوقود النووي KEPCO-NF

غيرت شركة كيبكو للوقود النووي اسمها من الشركة الكورية للوقود النووي في عام 2010، مع شركة كيبكو للهندسة والبناء. إنها الشركة الوحيدة التي تصنّع الوقود

النووي لجميع محطات الطاقة النووية من نوع مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الثقيل المضغوط في كوريا. ويقع مقرها في مجمّع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في دايدوك إنابوليس. نشأت الشركة الكورية للوقود النووي كشركة فرعية من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري وشركة كيبكو في عام 1981، ثم نُقِل فريق تصميم الوقود وتصنيع مفاعلات الماء المثقيل المضغوط من معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري في عام 1997. وفي عام 2009، أُضيف مصنع تغليف الوقود النووي بالزركونيوم للشركة الكورية للوقود النووي. وستكون شركة كيبكو للوقود النووي مسؤولة عن إمدادات الوقود لمشاريع التصدير في المستقبل، لكونها جزءاً من كونسورتيوم كيبكو.

- موقعها على الإنترنت: www.knfc.co.kr

الشركة الكورية لخدمات وهندسة محطات الطاقة KPS

تم إنشاء الشركة الكورية لخدمات وهندسة محطات الطاقة في عام 1984 كشركة تابعة ومملوكة بالكامل لشركة كيبكو، وهي متخصصة في صيانة وإصلاح جميع محطات توليد الطاقة في كوريا، بما في ذلك محطات الطاقة النووية. ولديها مكاتب في مواقع لمحطات الطاقة النووية الأربعة، بالإضافة إلى مركز تكنولوجيا الصيانة في مركز كوري للتدريب.

- موقعها على الإنترنت: www.kps.co.kr

الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية المحدودة KHNP

انفصلت الشركة الكورية للطاقة المائية والنووية من شركة كيبكو في عام 2000؛ وهي مسؤولة عن جميع أعمال بناء وتشغيل وصيانة جميع محطات الطاقة النووية والمحطات الكهرومائية، فأصبحت بذلك واحدة من أكبر المرافق النووية في العالم. ويقع مكتبها الرئيسي في سيول، لكن عملياتها الميدانية تتركز في أربعة مواقع نووية: كوري، وولسونغ،

ويونغوانغ، وأُلتشين. علاوة على ذلك، يقع مركز الهندسة والتكنولوجيا النووية KHNP-NETEC في دايدوك إنابوليس، وهو مسؤول عن تطوير تصميم مفاعلات الجيل المقبل بما فيها مفاعل APR1400.

- موقعها على الإنترنت: www.khnp.co.kr

شركة سامسونج للبناء

بوصفها عضواً في مجموعة شركات سامسونج، تعد شركة سامسونج للبناء جديدة نسبياً، حيث بدأت ببناء مشروع شين-ولسونغ 1 و2، وبناء مستودع النفايات المشعّة في ولسونغ. وبفضل الشهرة التي اكتسبتها من بناء برج خليفة في دبي (أطول مبنى على وجه الأرض)، تشارك شركة سامسونج في بناء محطات الطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة.

- موقعها على الإنترنت: www.secc.co.kr

وستنجهاوس كوريا

وستنجهاوس كوريا لديها تاريخ طويل من العمل الممتد منذ أيام إنشاء وحدة كوري 1 في سبعينيات القرن العشرين، باعتبارها الشركة المورّدة لستٍّ من محطات الطاقة النووية الأولى في موقعي كوري ويونغوانغ. واندمجت شركة وستنجهاوس مع شركة كومبسشن إنجنيرينغ في عام 2000، وهذه الأخيرة كانت هي الشركة المورّدة لتكنولوجيا «نظام 80» الذي استخدم في بناء أسطول المحطات النووية الكورية المعيارية في كوريا، ثم استحوذت شركة وستنجهاوس على مجال نشاطها. وعلى هذا النحو، تقوم شركة وستنجهاوس اليوم بتوريد المعدات اللازمة للمشاريع الكورية في الداخل والخارج.

- موقعها على الإنترنت: www.westinghousenuclear.com

قطاع الجمعيات والاتحادات الأكاديمية

جمعية الكهرباء الكورية – قسم معايير صناعة الطاقة الكهربائية الكورية

قسم معايير صناعة الطاقة الكهربائية الكورية بجمعية الكهرباء الكوري مسؤول عن وضع القوانين والمعايير الصناعية للمكوّنات والنظم النووية، من طريق دمج المعايير الميكانيكية (معايير الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية)، ومعايير الهندسة/ الهياكل المدنية (معايير المعهد الخرسانة الأمريكي)، والمعايير الكهربائية (معايير معهد الهندسة الكهربائية والإلكترونية)، والمعايير النووية (معايير اتحاد صانعي الأجهزة الكهربائية) منذ عام 1995. ويوجد أكثر من 220 موردّاً محلياً معتمداً من قِبَل معايير صناعة الطاقة الكهربائية الكورية، ويشكّل هؤلاء الموردّون سلسلة التوريد المؤهّلة لجميع مشاريع محطات الطاقة النووية.

- موقعها على الإنترنت: www.kepic.or.kr

الجمعية الكورية للنظائر المشعة KRIA

الجمعية الكورية للنظائر المشعة تضطلع بأعمال التنسيق لإنتاج النظائر المشعة واستيرادها ونقلها وتوزيعها في كوريا منذ عام 1985، التي تُستخدم للأغراض الصناعية والطبية.

- موقعها على الإنترنت: www.ri.or.kr

الجمعية الكورية للحماية من الإشعاع KARP

هي الجمعية الأكاديمية المختصة بتعزيز السلامة والحماية من الإشعاع للعاملين في مجال المواد المشعّة وعامة الشعب منذ عام 1975. وتصدر الجمعية **مجلة الحماية من الإشعاع**. كما أنها تمثّل النظير الكوري للجنة الدولية للحماية من الإشعاع التي تضع المعايير الدولية بشأن الحماية من الإشعاع.

- الموقع على الإنترنت: www.karp.or.kr

الجمعية الكورية للاختبارات اللاإتلافية KSNT

هي الجمعية الأكاديمية المختصة بتعزيز التكنولوجيات في الاختبارات اللاإتلافية في قطاع الصناعات. ولها تطبيقات واسعة في محطات الطاقة النووية خلال الإنشاء والتشغيل. كما أنها توفر التدريب للحصول على شهادة برنامج الجمعية الأمريكية للاختبارات اللاإتلافية-المستوى الثالث، والخاص بعمليات تفتيش محطات الطاقة النووية قبل تشغيلها وفي أثناء تشغيلها.

- موقعها على الإنترنت: www.ksnt.or.kr

جمعية نساء في المجال النووي-كوريا WiNK

تأسست هذه الجمعية في عام 2003 بالتزامن مع الحركة العالمية للنساء العاملات في المجال النووي، التي انطلقت من أوربا في عام 1993، من أجل خلق قبول جماهيري للطاقة النووية من خلال مشاركة النساء. كما أنها تمثّل منتدى لتبادل المعلومات بين النساء المتخصصات في استخدامات الطاقة النووية في المجالات الطبية والفنية في الداخل والخارج.

- موقعها على الإنترنت: www.winkorea.or.kr

المؤسسة الكورية للتعاون النووي الدولي KONICOF

تم إنشاء المؤسسة الكورية للتعاون النووي الدولي في عام 2004 كثمرة لأنشطة التعاون النووي الدولي الذي كانت تقوم بها وزارة التربية والعلوم والتكنولوجيا من أجل تعزيز اتفاقيات التعاون الثنائية والاتفاقات المتعددة الأطراف مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية ووكالة الطاقة النووية بمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. ويقع مكتبها في دايدوك إنابوليس داخل مجمع معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.

- موقعها على الإنترنت: www.konicof.or.kr

مؤسسة الطاقة النووية الكورية KNEF أو الوكالة الكورية لتعزيز الطاقة النووية

أنشأتها الحكومة الكورية في عام 1992 ككيان مستقل من أجل تعزيز القبول الشعبي للطاقة النووية من خلال توفير معلومات موثوقة لعامة الناس. وتتمثل مهمتها الرئيسية في تنظيم ندوات تعليمية وتدريبية وجولات تنويرية في المواقع النووية لعامة الناس، وإجراء استطلاعات للرأي العام.

- موقعها على الإنترنت: www.knef.or.kr، أو www.konepa.or.kr

المنتدى الصناعي الذري الكوري KAIF

وفّر المنتدى الصناعي الذري الكوري منتدى فريداً لتبادل المعلومات بين الصناعات النووية في كوريا منذ عام 1972، على غرار المنتدى الصناعي الذري الأمريكي والمنتدى الصناعي الذري الياباني. وفي شهر إبريل من كل عام، ينظم المنتدى أكبر مؤتمر نووي سنوي في كوريا، وذلك بالاشتراك مع الجمعية النووية الكورية. كما يستضيف الاجتماعات والندوات الدولية، وينشر الكتب ومجلة **الصناعة النووية** التي تصدر كل شهرين.

- موقعها على الإنترنت: www.kaif.or.kr

الجمعية النووية الكورية KNS

أُنشئت الجمعية النووية الكورية في عام 1969 كجمعية أكاديمية للعلوم والتكنولوجيا النووية، وهي تنشر عدداً من المجلات العلمية، بما فيها مجلة **الهندسة والتكنولوجيا النووية** التي تصدر باللغة الإنجليزية كل شهرين. كما أنها تقوم بتنظيم مؤتمرات كل عامين، وعدد من لجان العمل البحثية في مجالات تقنية مختلفة. ويقع مكتبها الرئيسي في دايدوك إنابوليس في دايجون، حيث يوجد عدد من المؤسسات التقنية النووية.

- الموقع على الإنترنت: www.nuclear.or.kr

قطاع الجامعات (التي تضم أقساماً للهندسة النووية)

جامعة تشوسون، غوانغجو

أنشئ قسم الهندسة النووية بجامعة تشوسون في عام 1985؛ وتقع الجامعة في غوانغجو بمقاطعة تشولا الجنوبية، وتقدّم برامج البكالوريوس والدراسات العليا.

- موقعها على الإنترنت: www.chosun.ac.kr/~nuclear

جامعة دونغوك، غيونغجو

أنشئت كلية الطاقة والبيئة في مجمّع غيونغجو الجامعي منذ عام 2008 وتقدّم برامج البكالوريوس في مجالات الهندسة النووية وهندسة الطاقة.

- موقعها على الإنترنت: www.energy.dongguk.ac.kr

جامعة هانيانغ، سيول

أُنشئ قسم الهندسة النووية بجامعة هانيانغ في عام 1958، وهو أول قسم للهندسة النووية في كوريا. ومنذ إنشائه، تخرّج فيه معظم المهندسين المؤهلين الذين كانت تحتاج إليهم كوريا لتوسيع برنامجها النووي. ويقع الحرم الجامعي الرئيسي في سيول، حيث يقدّم برامج البكالوريوس والدراسات العليا.

- الموقع على الإنترنت: http://nuclear.hanyang.ac.kr

جامعة جيجو الوطنية، جيجو

أنشئ قسم الهندسة النووية وهندسة الطاقة في عام 1984 لتوفير تخصصات في الهندسة الميكانيكية وهندسة نظم الطاقة، بما فيها الطاقة النووية، وهندسة الميكاترونيكس.

- الموقع على الإنترنت: http://energy.cheju.ac.kr

كلية كيبكو الدولية للدراسات العليا النووية (K-INGS)، كوري

أنشئت هذه الكلية حديثاً لتقديم التدريب المتخصص في تكنولوجيا الطاقة النووية، بالتركيز على هندسة نظم المفاعلات النووية، ومن المرتقب أن تُفتتَح في عام 2012. وقد بدأ استقطاب الطلاب الأجانب والكوريِّين (بنسبة 50/ 50) للالتحاق ببرنامج الماجستير (باللغة الإنجليزية). ويوجد مجمّعها الجديد في موقع شين-كوري.

- الموقع على الإنترنت: www.k-ings.ac.kr

المعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا KAIST، دايجون

أنشئ قسم الهندسة النووية وهندسة الكم Nuclear & Quantum Engineering أولاً في سيول في عام 1981 لتقديم برنامج للدراسات العليا، ثم نُقِل إلى مجمّع دايدوك إنابوليس الجامعي في عام 1990، حيث أضيف إليه برنامج البكالوريوس. واليوم يُصنَّف المعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا ضمن الجامعات المئة الأولى في العالم لتفوّقه الأكاديمي. ومنذ عام 2010 يُقدِّم المعهد الدعم والمساعدة لجامعة خليفة في أبوظبي من أجل إنشاء قسم جديد للهندسة النووية كجزء من برنامج دولة الإمارات العربية المتحدة الوطني لإنشاء محطات للطاقة النووية.

- الموقع على الإنترنت: http://nuclear.kaist.ac.kr

جامعة كيونغ هي، سوون

أنشئ قسم الهندسة النووية بجامعة كيونغ هي في عام 1979، مع إقامة مجمع تجريبي (مفاعل AGN-201). ويقدّم القسم اليوم برنامج البكالوريوس والدراسات العليا.

- الموقع على الإنترنت: http://ne.khu.ac.kr

جامعة سيول الوطنية، سيول

افتتحت جامعة سيول الوطنية قسم الهندسة النووية بكلية الهندسة في عام 1959، وهو العام نفسه الذي تم فيه تأسيس معهد بحوث الطاقة الذرية الكوري بالقرب من

مجمّع كلية الهندسة التابع لجامعة سيول الوطنية في مدينة سيول. ولكون جامعة سيول هي الجامعة الوطنية الأعلى منزلة، فقد اجتذبت في سنواتها الأولى أميز الطلاب وألمعهم. واليوم تُصنَّف جامعة سيول الوطنية ضمن الجامعات المئة الأولى في العالم لتميّزها الأكاديمي؛ هي والمعهد الكوري المتقدِّم للعلوم والتكنولوجيا، وجامعة بوهانغ للعلوم والتكنولوجيا.

- الموقع على الإنترنت: http://nucleng.snu.ac.kr

معهد أُلسان الوطني للعلوم والتكنولوجيا UNIST، أُلسان

أنشأ معهد أُلسان الوطني للعلوم والتكنولوجيا مدرسة الطاقة الخضراء المتعددة التخصصات التي بدأت مسارها النووي منذ عام 2009 بالتركيز على تطوير نظم المفاعلات المتقدِّمة والسلامة النووية في محطات الطاقة النووية، مستفيدة من قربها من مواقع محطات الطاقة النووية الوطنية.

- الموقع على الإنترنت: www.unist.ac.kr

الهوامش

الفصل الأول

1. مقابلة أجراها الكاتب مع كانغ باك-كوانغ.

2. انظر:

Kang Bak-kwang, et. al., "A study on the effects of '70s-'90s major science policies on S&T and industrial development," MOST Policy Research 2006-21 publication, pp. 3-8, 2007.

3. انظر:

Yoon Young-ku, "Recollection of My KAERI Presidency (1971.8~1978.3) – KAERI's Infrastructure and International Hardship in the 1970s," *Treatise in Commemoration of Prof. Yoon Young-ku's Hwan-gap*, KAIST Nuclear Engineering Department, pp. 347-357, 1989.

4. انظر:

Cha Jong-hee, et al., *Heavy Water Power Reactor Feasibility Study: Canada travel report*, KAERI/PP-74/16, 1973.

5. انظر:

Lee Hae, George Pon, et al, *Korean CANDU Program: Joint Canada Korea Study*, KAERI/AECL publication, June 1978.

6. انظر:

Lee Hae, *Establishment of Nuclear Engineering Test & Evaluation Center*, KAERI/421/RR-154/80, 1980.

7. انظر:

KNFDI, *CANDU-PHWR Nuclear Fuel Localization Plan*, internal report, July 1980.

8. انظر:

KNFDI, *PWR Nuclear Fuel Localization Project Plan*, internal report, July 1980.

9. مقابلات أجراها الكاتب مع نام جانغ-سو.

الفصل الثاني

1. مقابلة أجراها الكاتب مع كانغ باك-كوانغ.
2. مقابلة أجراها الكاتب مع نام جانغ-سو.
3. انظر:

Cha Jong-hee, *Era of Glory and Indulgence – 30 Years in Nuclear* (in Korean), Shinwoo-sa, 1994, pp. 216-217.

4. مقابلة أجراها الكاتب مع هو نام.
5. مقابلة أجراها الكاتب مع تشا جونغ-هي.
6. اتصالات الكاتب مع فيل كولتون بالبريد الإلكتروني.
7. مقابلة أجراها الكاتب مع هان بيل-سون.

الفصل الثالث

1. مقابلة أجراها الكاتب مع هان بيل-سون.
2. مقابلة أجراها الكاتب مع تشانغ إن-سون.
3. مقابلة أجراها الكاتب مع سوه سوك-تشون.
4. مقابلة أجراها الكاتب مع هان بيل-سون.
5. مقابلة أجراها الكاتب مع كيم سون-تشانغ.
6. انظر:

Kim Dong-hoon, et al., *30 Year History of KAERI*, pp. 468-472, 1989.

7. انظر:

Han Pil-soon, "Inauguration Speech as KAERI President", April 9, 1984.

8. مقابلة أجراها الكاتب مع هان بيل-سون.
9. مقابلة أجراها الكاتب مع بارك جونغ-كي.

الفصل الرابع

1. انظر:

Kim Jong-shin, et al., *30 Year History of Nuclear Power* (in Korean), KHNP, Vol. 1, pp. 108-111, 2008.

2. مقابلة أجراها الكاتب مع شيم تشانغ-ساينغ.

3. انظر:

Han Pil-soon, *From hand grenade to reactor*, sections (70) – (73).

4. مقابلة أجراها الكاتب مع بارك جونغ-كي.

5. انظر:

"Meeting minutes of the 4th EPGCC main meeting, 25 June 1985," KEPCO internal document.

الفصل الخامس

1. انظر:

"YGN NSSS Joint Design Bid Evaluation Report," KAERI internal report, June 30, 1986.

2. انظر:

"YGN NSSS System Evaluation Report," KAERI internal report, June 30, 1986.

3. انظر:

"YGN NSSS Technology Transfer Bid Evaluation Report", KAERI internal report, June 30, 1986.

4. مقابلة أجراها الكاتب مع لي تشانغ-كون.

5. مقابلة أجراها الكاتب مع بارك جونغ-كي.

6. مقابلة أجراها الكاتب مع كانغ باك-كوانغ.

7. انظر:

Han Ki-in, et al., *Final report – Yonggwang 3&4 reactor system design project* (in Korean) KAERI, 1995.

الفصل السابع

1. انظر:

Chang Sun-sup, et al., *White Paper on LWR Project* (in Korean), Office of Planning for the LWR Project, 2007.

الفصل الثامن

1. انظر:

Syngman Rhee, *Neutrality As Influenced by the United States*, (PhD Dissertation, Princeton University, 1912), Kwanaksa, Seoul, 2004.

2. انظر:

Dong-Won Kim, "Imaginary Savior: The Image of the Nuclear Bomb in Korea, 1945-1960," *Historia Scientiarum*, 19-2 (2009).

3. انظر:

Park Ik-soo, *Founding history of Korean nuclear episodes*, 1955–1980 (in Korean), Gyeongrim, 2004.

4. انظر:

Chung Rak-eun, *Status of Nuclear Power in Europe and the US-trip report* (in Korean), Defense Research Institute, Dec. 1958.

5. انظر:

Lee Kwan, et al., *Feasibility Study Report on Nuclear Power*, NPP-11, Office of Atomic Energy, Dec. 1967.

6. مقابلة أجراها الكاتب مع لي تشانغ-كون.

7. انظر:

Kim Chan-ok, *Dawn at Sea – Personal Memoir of Kim Chong-joo* (in Korean), pp.162-165, Dosan Mungo, 1996.

8. انظر:

B&R, *Feasibility Study for the First Nuclear Power Project in the Republic of Korea*, Burns & Roe report to the Office of Atomic Energy, Oct. 31, 1968.

9. مقابلة أجراها الكاتب مع كيم دَك-سيونغ.

10. انظر:

D. Harris, I.H. Lee, "Joint Design and Technology Transfer for CANDU Projects in Korea", *presented at the 9th PBNC*, Sydney, Australia, 1994.

الفصل التاسع

1. مقابلة أجراها الكاتب مع شيم تشانغ-ساينغ.

2. مقابلة أجراها الكاتب مع كيم سي-جونغ.

3. انظر:

Chung Kun-mo, et al., *Design Studies on the Standardization of Nuclear Power Plants*, KOPEC/RR-02/85, vol. 1&2, 1985.

4. انظر:

Kang, ibid, pp. 22-48.

5. مقابلة أجراها الكاتب مع بارك يونغ-تايك.

6. انظر:

KOPEC, *30 Year history of Korea Power Engineering*, KOPEC, pp. 49-51, 2005.

7. مقابلة أجراها الكاتب مع تشونغ تشونغ-وون.

الفصل العاشر

1. انظر:

Daniel Howard, *A New History of Old Windsor*, The Journal Press, Windsor Locks, CT, 1935.

2. مقابلات أجراها الكاتب مع جيمس كروفورد وتوم ناتان في مدينة وينزُر بولاية كونيتيكت.

الفصل الحادي عشر

1. مقابلة أجراها الكاتب مع ريغيس ماتزي في مدينة وينزر.

2. انظر:

Lee Ik-hwan, *Annual Report of Windsor Site Office*, KAERI/GP-62-76/89, internal report, Dec. 1990.

3. مقابلة أجراها الكاتب مع جيم فيرس في مدينة وينزر.

4. مقابلة أجراها الكاتب مع جيم فيرس في مدينة وينزر.

5. انظر:

Han Ki-in, et al., *Yonggwang 3&4 Final Report on the Reactor System Design Project: Technical Self-reliance Experiences*, KAERI, Dec. 31, 1995.

الفصل الثاني عشر

1. انظر:

L.W. Ward, C.P. Fineman, and G.E. Gruen, *INEL Technical Review of YGN 3 and 4 Thermal-Hydraulic Relative Size Effects*, INEL, EGG-2583, August, 1989.

2. مقابلة أجراها الكاتب مع تشانغ سون-هيونغ.

3. انظر:

Han Ki-in, et al., *Final Report, Yonggwang 3&4 Reactor System Design Project*, Vol. 2, KAERI, 1995.

4. انظر:

Board of Governors, *Record of the 1112th Meeting*, IAEA GOV/OR.1112, para 98-100, January, 2005.

الفصل الثالث عشر

1. انظر:

"License and Technology Transfer Agreement for NSSS System Design and Fuel and Core Design," Contract No: KRI-87-T1112 among KAERI/CE/CEII, clause 7.2 "ROYALTY," 1987.

2. انظر:

"License Agreement for PWR Technology," Agreement No: KEC-97-T1100 between KEPCO/KHIC/KOPEC/KNFC/KAERI & CE, clause 14.5 "LICENSEE'S Rights," 1997.

3. انظر:

USDOE, "A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems," GIF-002-00, Dec. 2002.

4. انظر:

Mohammed Al-Fahim, *From Rags to Riches – A story of Abu Dhabi*, The London Centre of Arab Studies, 1995.

5. انظر:

Roh Eun-rae, "Silk Road and Nuclear Road", *Hydraulic Turbine & Reactor*, KHNP, December, 2005.

6. انظر:

Kim Kook-hun, "NPP MMIS – from Development to Localization" (in Korean), *Nuclear Industry*, Nov/Dec, 2010.

7. مقابلة أجراها الكاتب مع لي دونغ-يونغ، عضو فريق نظام الواجهة التفاعلية بين الإنسان والآلة بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري.

8. مقابلة أجراها الكاتب مع روبرت لي، من شركة وستنجهاوس.

9. انظر:

Hong Nam-pyo, et al., *2010 Nuclear White Paper*, MEST, pp 119-126, 2010.

10. مقابلة أجراها الكاتب مع كيم سون-تشانغ.

11. مقابلة أجراها الكاتب مع ريه تشونغ-هون.

الفصل الرابع عشر

1. انظر:

Nuclear Training & Education Center, *Research Reactor Design, Management and Utilization*, KAERI, 2009.

2. انظر:

Ki Won LEE, et al., "Final Status of the Decommissioning of Research Reactors in Korea," *Journal of Nuclear Science & Technology*, Japan, vol. 47, no. 12, pp. 1227-1232, 2010.

3. انظر:

Kim Dong-hoon, et al., *HANARO Project Summary Report* (in Korean), KAERI, 1997.

4. انظر:

Lee Seung-koo, et al., *The Study on Utilization of Senior Nuclear Specialists and their Knowledge Dissemination*, National Research Foundation 20090094175, pp 84-87, 2010.

الخاتمة

1. انظر:

Economist.com/debate, "Nuclear power: This house believes that the world would be better off without nuclear power," April 15, 2011.

المراجـع

المراجع التالية التي استُعين بها في هـذا الكتاب صادرة باللغة الكورية فقط، وعناوينها باللغة الإنجليزية مبيّنة أدناه. وفي حال وجود أكثر من مؤلّف للمرجع نورد اسم المحرّر متبوعاً بالاختصار"ed".

Cha Jong-hee, *Era of Glory and Indulgence – 30 Years in Nuclear*, autobiography, Shinwoo-sa, Daejeon, 1994.

Cha Jong-hee, ed. *Heavy Water Power Reactor Feasibility Study: Canada Travel Report*, KAERI/PP-74/16, 1973.

Cha Jong-hee, ed. *Heavy Water Power Reactor Feasibility Study*, KAERI/TR/59/78, 1978.

Chang Sun-sup, ed. *White Paper on the LWR Project*, Office of Planning for the LWR Project, 2007.

Chung Kun-mo, ed. *Design Studies on the Standardization of Nuclear Power Plants*, KOPEC/RR-02/85, vol. 1&2, 1985.

Chung Rak-eun, *Status of Nuclear Power in Europe and the US –Trip Report*, Defense Research Institute, Dec., 1958.

Han Ki-in, ed. *Final Report – Yonggwang 3&4 Reactor System Design Project*, KAERI, 1995.

Han Ki-in, ed. *Yonggwang 3&4 Final Report on the Reactor System Design Project: Technical Self-reliance Experiences*, KAERI internal report, Dec. 31, 1995.

Han Pil-soon, "From Hand Grenade to Reactor – Stories to be Told", *Joong-Ang Daily*, 75 column series, Nov. 1999 – April 2000.

Han Pil-soon, *Inauguration Speech as KAERI President*, April 9, 1984.

Han Pil-soon, *Our Choice for 21st Century – Self-reliance of Nuclear Technology*, KAERI, 1997.

Han Pil-soon, ed. *Conditions for an Energy Independent Nation*, KAERI, 1985.

Hong Nam-pyo, ed. *2010 Nuclear White Paper*, MEST, 2010.

KAERI, *NSSS Joint Design Bid Evaluation Report*, YGN internal report, June 30, 1986.

KAERI, *NSSS System Evaluation Report*, YGN internal report, June 30, 1986.

KAERI, *NSSS Technology Transfer Bid Evaluation Report*, YGN internal report, June 30, 1986.

KAERI, *Workshop Proceedings of the Electric Power Group Cooperation Council*, 1986-1997.

Kang Bak-kwang, ed. *A Study on the Effects of '70s~'90s Major Science Policies on S&T and Industrial Development*, MOST Policy Research 2006-21 publication, 2007.

KEPCO, *Meeting Minutes of the 4th EPGCC Main Me*eting, internal document, June 25, 1985.

Kim Chan-ok, *Dawn at Sea – Personal Memoir of Kim Chong-joo*, Dosan Mungo, Seoul, 1996.

Kim Dong-hoon, ed. *HANARO Project Summary Report*, KAERI, 1997.

Kim Dong-hoon, ed. *30th Anniversary Publication –History of KAERI*, KAERI, 1989.

Kim Jong-shin, ed. *Experiences of NPP Technical Self-reliance*, KEPCO, 1996.

Kim Jong-shin, ed. *Wonderful Energy, Beautiful Future – Korean Nuclear Power 30 Year History*, KHNP, 2008.

Kim Seong-hoe, *Forbidden Temptation – Dual Faces of the Atom*, Yewoo Books, Seoul, 2009.

KNFDI, *CANDU-PHWR Nuclear Fuel Localization Plan*, internal report, July 1980.

KNFDI, *PWR Nuclear Fuel Localization Project Plan*, internal report, July 1980.

KOPEC, *30 Year History of Korea Power Engineering*, KOPEC, 2005.

Lee Byung-ryung, *A Study on the Analysis and Countermeasures of Domestic and Foreign Impediment Factors for Technical Indigenization*, KAERI/RR-1874/98, 1998.

Lee Byung-ryung, *Korean Light Water Reactor, No Need for US Approval*, Four Seasons, Seoul, 1996.

Lee Chang-kun, *A Vision for the Second Fifty Years of Nuclear Energy – Vision & Strategies*, International Nuclear Societies Council, Oct., 1996.

Lee Hae, ed. *Establishment of Nuclear Engineering Test & Evaluation Center*, KAERI/421/RR-154/80, 1980.

Lee Hae, ed. *Heavy Water Reactor Localization Study: Summary of the JCKS Report*, KAERI/TR/72/78, 1978.

Lee Ik-hwan, *Annual Report of Windsor Site Office*, KAERI/GP-62-76/89, internal report, Dec., 1990.

Lee Jeong-hoon, *Korean Nuclear Sovereignty – Green Growth, still with Nuclear*, Gulmadang, Seoul, 2009.

Lee Kwan, ed. *Feasibility Study Report on Nuclear Power*, NPP-11, Office of Atomic Energy, Dec., 1967.

Lee Seung-hyuk, ed. *Promise & Trust – 20th Anniversary of Korea Institute of Nuclear Safety*, KINS, 2010.

Lee Seung-koo, ed. *The Study on Utilization of Senior Nuclear Specialists and their Knowledge Dissemination*, National Research Foundation 20090094175, 2010.

Lim Yong-kyu, *Seeking Work and Worthiness - My Half Century with Nuclear*, autobiography, Seoul, 2010.

Mok Yong-gyun, ed. *Treatise in Commemoration of Prof. Yoon Young-ku's Retirement*, KAIST, 1994.

Park Ik-soo, *Founding History of Korean Nuclear Episodes, 1955-1980*, Gyeongrim, Seoul, 2004.

Park Ik-soo, *Untold History of Korean Nuclear with Critiques*, Gyeongrim, Seoul, 2004.

Park Jung-ki, *Leadership, Life & Dream*, Seoul, 2002.

Park Jung-ki, *Plain Stories by a Grandpa*, Munmu Publications, Seoul, 1990.

Park Ki-chul, ed. *50-Year History of Nuclear Korea*, Korean Nuclear Society, 2010.

Rieh Chong-hun, "Development of Korean Standardized Nuclear Plant and Overseas Export Strategy", *Nuclear Industry*, Nov., 2007.

Rieh Chong-hun, "Stories behind the Early Nuclear Power Planning in Korea", *Hydraulic Turbine & Reactor*, KHNP, July, 2007.

Roh Eun-rae, "Silk Road and Nuclear Road", *Hydraulic Turbine & Reactor*, KHNP, Dec., 2005.

Suh In-suk, ed. *50th Anniversary Publication: History of KAERI*, KAERI, 2009.

Yang Chang-kuk, *Janus' Flame - Story of Nuclear Developments in Two Koreas*, Jigumunhak, Seoul, 2010.

وللمزيد من المعلومات باللغة الإنجليزية حول المواضيع الواردة في هذا التاريخ الموجز للطاقة النووية يمكن إيجادها في المراجع التالية:

Al-Fahim, Mohammed, *From Rags to Riches – A Story of Abu Dhabi*, The London Center of Arab Studies, 1995.

Board of Governors, *Record of the 1112th Meeting*, IAEA GOV/OR.1112, January, 2005.

Burns & Roe, *Feasibility Study for the First Nuclear Power Project in the Republic of Korea*, internal report to the Office of Atomic Energy, Oct. 31, 1968.

Economist.com/debate, "Nuclear power: This house believes that the world would be better off without nuclear power," April 15, 2011.

Harris, D. and Lee Ik-hwan, "Joint Design and Technology Transfer for CANDU Projects in Korea", presented at the 9th PBNC, Sydney, Australia, 1994.

Howard, Daniel, *A New History of Old Windsor*, The Journal Press, Windsor Locks, CT, 1935.

KAERI/CE/CEII, *License and Technology Transfer Agreement for NSSS System Design and Fuel and Core Design*, Contract No. KRI-87-T1112, 1987.

KEPCO/KHIC/KOPEC/KNFC/KAERI & CE, *License Agreement for PWR Technology*, Agreement No. KEC-97-T1100, 1997.

Kim Dong-won, "Imaginary Savior: The Image of the Nuclear Bomb in Korea, 1945-1960", *Historia Scientiarum*, 19-2, 2009.

Lee Hae and Pon, George, ed. *Korean CANDU Program: Joint Canada-Korea Study*, KAERI/AECL publication, June 1978.

Lee Ki-won, ed. "Final Status of the Decommissioning of Research Reactors in Korea", *J. of Nuclear Science & Technology*, Japan, vol. 47-12, 2010.

Lee Kwang-seok, ed. *50 Years of Nuclear Energy, 50 Years of Prosperity*, KAERI/MEST, 2009.

Lish, Kenneth C., *Nuclear Power Plant Systems and Equipment*, Industrial Press Inc., 1972.

Mahaffey, James, *Atomic Awakening – A New Look at the History and Future of Nuclear Power*, Pegasus Books, New York, 2009.

Min Byung-joo, ed. *Research Reactor Design, Management and Utilization*, KAERI, 2009.

Murakami, Tomoko, *Commercial War on Nuclear International – Analysis of Market Competitiveness* (in Japanese), Energy Forum, Tokyo, 2010.

Nakamura, Yasuji, *Untold History of Nuclear Fuel Development* (in Japanese), Electric Press, Tokyo, 1990.

Nuclear HRD Center, *Nuclear Power Project: Policy and Korean Experience*, KAERI, First Edition, 2007.

Regulatory Guide 1.20, *Comprehensive Vibration Assessment Program*, USNRC, 1976.

Regulatory Guide 1.155, *Station Blackout*, USNRC, 1988.

Rhee Syngman, *Neutrality as Influenced by the United States*, (PhD dissertation, Princeton University, 1912), Kwanaksa, Seoul, 2004.

Tucker, William, *Terrestrial Energy – How Nuclear Power Will Lead the Green Revolution and End America's Energy Odyssey*, Bartleby Press, Washington, 2008.

USDOE, *A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems*, GIF-002-00, Dec., 2002.

Ward, L.W., Fineman, C.P. and Gruen, G.E., *INEL Technical Review of YGN 3&4 Thermal-Hydraulic Relative Size Effects*, INEL EGG-2583, August, 1989.

Ward, Tony, ed. *Nuclear Perspectives – Making tough decisions in a time of pragmatism*, Ernst & Young, 2010.

نبذة عن المؤلف

كيم بيونغ-كو درس في جامعة سيول الوطنية وجامعة متشيغان الأمريكية قبل حصوله على درجة الدكتوراه في الميكانيكا التطبيقية من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا. وبعد التخرج، عمل الدكتور كيم في وظيفة مهندس اختبار في مختبر الدفع النفاث في باسادينا بولاية كاليفورنيا حتى عودته إلى كوريا، حيث شغل منصب مدير أول مشروع وطني خاص بتصميم نظم مفاعلات الطاقة النووية في كوريا بمعهد بحوث الطاقة الذرية الكوري. ثم عمل مديراً للتعاون التقني لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية في فيينا، حيث ساعد العديد من الدول النامية في سعيها لتعزيز الاستخدامات السلمية للطاقة النووية. وهو يعيش حالياً في دايجون في كوريا الجنوبية. وهذا الكتاب هو باكورة أعماله المنشورة.



مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

ص. ب: 4567 أبوظبي

دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: 4044541 - 2 - 971

فاكس: 4044542 - 2 - 971

E-mail: pubdis@ecssr.ae

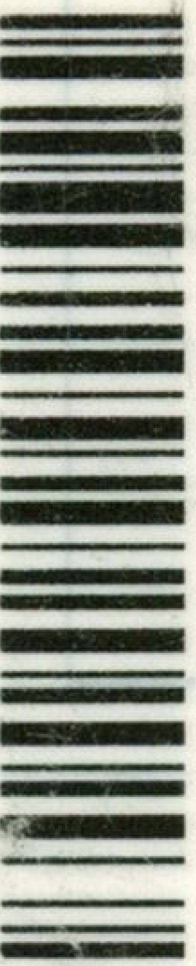
Website: http://www.ecssr.ae

طريق الحرير النووي

توطين صناعة تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا الجنوبية

هذا الكتاب موجَّه إلى القراء الذين يرغبون في اكتساب فهم أفضل لقصة نجاح كوريا الجنوبية في مضمار الصناعة النووية. ويمكن القول إن حصول الكونسورتيوم الكوري الجنوبي في عام 2009 على عقد لبناء محطة للطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة قد شكَّل سبباً مقنعاً لدى الكاتب لتأليف هذا الكتاب. إن كوريا الجنوبية تجسد مثالاً ساطعاً لكيفية تضافر قوة التكنولوجيا وخيال القادة لتحقيق التنمية المستدامة باستخدام الطاقة النووية لتلبية الاحتياجات المحلية للكهرباء أولاً، ثم دخول أسواق التصدير ثانياً. ومع ظهور أول مشروع تصدير نووي بطريقة تسليم المفتاح من كوريا، يمكن للمجتمع الدولي أن يتعلم من تفاني كوريا الجنوبية وجديتها في العمل. فالمؤسسات النووية الكورية لم تكن معروفة للعالم، إلا أنها نجحت بطريقة ما في وضع اسمها على الخريطة لأول مرة، وكان ذلك يبدو مستبعداً إن لم يكن مستحيلاً قبل 25 عاماً فقط.

في هذا الكتاب، الذي يُعدُّ شاهداً على ما يمكن أن تنجزه دولة فقيرة نامية عندما تصر على التفوق وتحشد قواها لتحقيقه، يسلط كيم بيونغ-كو الضوء على عملية توطين تكنولوجيا الطاقة النووية في كوريا الجنوبية في ثمانينيات القرن العشرين على نحو خاص. وفي نهاية المطاف، قد ينير هذا الكتاب الطريق أمام الدول، وهي تدخل عالم الطاقة النووية السلمية الجديد. وأخيراً، يبدو أن التاريخ يعيد نفسه، إذ تنتقل التكنولوجيات الحديثة على طريق الحرير الع للحضارات.



ISBN 978-9948-14-578-3

